

Medizinische Fakultät
der
Universität Duisburg-Essen

Aus der Klinik für Orthopädie der Universität Duisburg-Essen und
der Klinik für Orthopädie der Kreiskrankenhaus Mechernich GmbH

**Die Verwendung struktureller Allografts als Strut Grafts
bei der operativen Therapie periprotehtischer
Knochendefekte und Frakturen am proximalen
und diaphysären Femur**

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades der Medizin
durch die Medizinische Fakultät
der Universität Duisburg-Essen

Vorgelegt von
Christina Patricia Bode
aus Lauf an der Pegnitz

2008

Dekan: Herr Univ. Prof. Dr. med. M. Forsting

1. Gutachter: Herr Priv.- Doz. Dr. med. G. Saxler
2. Gutachter: Herr Priv.- Doz. Dr. med. M. von Knoch

Tag der mündlichen Prüfung: 04. November 2008

Für Iris und Hans Bode

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Einführung in das Thema	6
1.2	Mechanismen der Implantatlockerung und Problemstellung	7
1.3	Lösungsansatz.....	10
1.4	Fragen und Hypothese	11
2	Material und Methode	12
2.1	Kollektiv	12
2.2	Knochenbank	14
2.3	Operationstechnik.....	15
2.4	Nachbehandlungsschema.....	18
2.5	Gruppenbildung	19
2.6	Präoperative Erhebung	26
2.7	Postoperative Erhebung.....	29
2.8	Statistik	32
3	Ergebnisse.....	33
3.1	Gesamtkollektiv.....	33
3.1.1	Knöcherne Integration des Prothesenschaftes	33
3.1.2	Schmerz und Funktion.....	37
3.1.3	Langzeitverhalten der Strut Grafts	40
3.2	Gruppierung Eins.....	43
3.2.1	Knöcherne Integration	43
3.2.2	Schmerz und Funktion.....	45
3.2.3	Frakturheilung	47
3.3	Gruppierung Zwei	48
3.3.1	Knöcherne Integration	48
3.3.2	Schmerz und Funktion.....	50
3.4	Komplikationen	52

4	Diskussion	53
4.1	Ergebnisdiskussion im Kontext mit der Historie der Strut Graft Osteosynthese	53
4.2	Ergebnisdiskussion mit Studien vergleichbarer Technik	56
4.2.1	Strut Grafts in Onlay-Technik	56
4.2.2	Strut Grafts in Inlay-Technik	62
4.3	Studiendiskussion alternativer Operationstechniken	63
4.4	Beantwortung der Fragen und Hypothese	69
4.5	Schlussfolgerung und Ausblick	70
5	Fallbeispiele	72
5.1	Frakturheilung	72
5.2	Non Union	77
5.3	Querschnittsverkleinerung	81
6	Zusammenfassung	86
7	Literaturverzeichnis	87
8	Anhang	96

1 Einleitung

1.1 Einführung in das Thema

Die durchschnittliche Lebenserwartung der in der westlichen Gesellschaft lebenden Menschen ist in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen. Parallel dazu ist eine Zunahme der Implantationen von Totalendoprothesen (TEP) zu verzeichnen. Im Jahr 2005 wurden in Deutschland ca. 144.262 Endoprothesen am Hüftgelenk implantiert (BQS, 2006). Aufgrund der demographischen Entwicklung ist ein weiterer Anstieg der TEP Implantationen zu erwarten.

Trotz deutlicher Verbesserung der Implantateigenschaften bei höherer Fertigungsqualität und resultierend längeren Standzeiten der Kunstgelenke ist aufgrund der gesteigerten Absolutzahl der implantierten Prothesen mit einer Zunahme von Implantatversagern zu rechnen. Dies führt zu einer steigenden Anzahl von Hüftendoprothesenwechseln.

Innerhalb der letzten drei Jahre wurde in der Bundesgeschäftsstelle für Qualitätssicherung eine Zunahme der Hüftendoprothesenwechsel von 8.855 auf 19.923 (BQS, 2003 und 2006) gezählt. Dies bedeutet eine Steigerung um mehr als 100 %.

Die aseptische Lockerung ist die Hauptursache zum Hüftendoprothesenwechsel (Emerson, 1992). Im Rahmen einer solchen Hüft-TEP Lockerung kommt es zu einer quantitativen und qualitativen Minderung der Knochensubstanz. Die verschlechterte Knochensubstanz führt zu gehäuftem Auftreten von pathologischen und traumatischen periprothetischen Frakturen, insbesondere im Bereich des Femurs.

Die Inzidenz einer periprothetischen Femurfraktur liegt bei ca. 1 % (Berry, 1999; Löwenhielm, 1989; Schwarz, 1998). Dabei sind die Ursachen für Auslockerungen von Prothesenkomponenten vielfältig.

1.2 Mechanismen der Implantatlockerung und Problemstellung

Dreh- und Angelpunkt der Lebensdauer eines künstlichen Gelenkes ist der Knochen, der als Prothesenlager dient. Ist das Prothesenlager insuffizient, kann es aufgrund fehlender Prothesenverankerung zum Implantatversagen kommen.

Eine Totalendoprothese bezeichnet den vollständigen Ersatz eines Gelenkes. Im Fall der Hüftendoprothese wird sowohl die knöcherne Pfanne als auch der Schaft durch körperfremde Materialien ersetzt und durch entsprechende Kopf- und Halskomponenten sowie Inlays ergänzt. Als Werkstoffe kommen verschiedene Metalle, Kunststoffe und Keramik zur Anwendung. Die Verankerung der Komponenten am Knochen kann zementfrei oder zementiert erfolgen. Bei dem Prozess der Auslockerung von Kunstgelenken kommen mechanische und biologische Mechanismen zum Tragen.

Die mechanische Schwächung der Knochensubstanz hängt implantatunabhängig von der Mineralisation des Knochens, dem Blutdruck, des osmotischen und kolloidosmotischen Druckes und den organischen Fasern ab (Dränert, 1992). Mit etwa achtzig Jahren hat sich physiologischerweise die Knochensubstanz des Menschen halbiert, ohne dass eine Osteoporose vorliegt (Reginster, 2002). Mit zunehmendem Alter erhöht sich zudem die Inzidenz einer echten Osteoporose mit weiterer Abnahme der Knochensubstanz.

Implantatabhängig kommt es aufgrund der geringeren Elastizität der Werkstoffe im Vergleich zum Knochen zu relativen Bewegungen zwischen Implantat und Knochen und somit zu einer erhöhten Belastung der Knochensubstanz (Burke, 1991; Thornhill, 1998).

Ebenfalls implantatabhängig tritt ein sogenanntes „Stress Shielding“ auf. Dies bezeichnet eine radiologisch sichtbare Knochenatrophie an vermindert belasteter Knochensubstanz. Bei Vorhandensein einer Totalendoprothese am Hüftgelenk wird die Hauptlast direkt über den Prothesenstiel distal auf das Femur eingeleitet, so dass die proximalen Abschnitte des Femurs entlastet werden (Bugbee, 1997). Durch die Entlastung von Knochenarealen entsteht eine physiologische Atrophie an gleicher Stelle (Wolff, 1892). Die biologische Schwächung der Knochensubstanz entsteht durch Abriebpartikel mit Induktion von Osteolysen. Abriebpartikel resultieren aus allen Grenzschichten zwischen den Prothesenkomponenten und aus der Grenzschicht zwischen Implantat und Knochen. Vor allem die Artikulationsflächen sind hier von Bedeutung (Böhler, 2000; Lör, 1983 und 1987). Partikel werden phagozytiert und führen zu einer Ausschüttung von verschiedenen

Zytokinen (Saxler, 2003). Die resultierenden knöchernen Osteolysen entstehen am ehesten aus der Aktivierung von Makrophagen und Osteoklasten durch die Zytokine (Plenk, 1998).

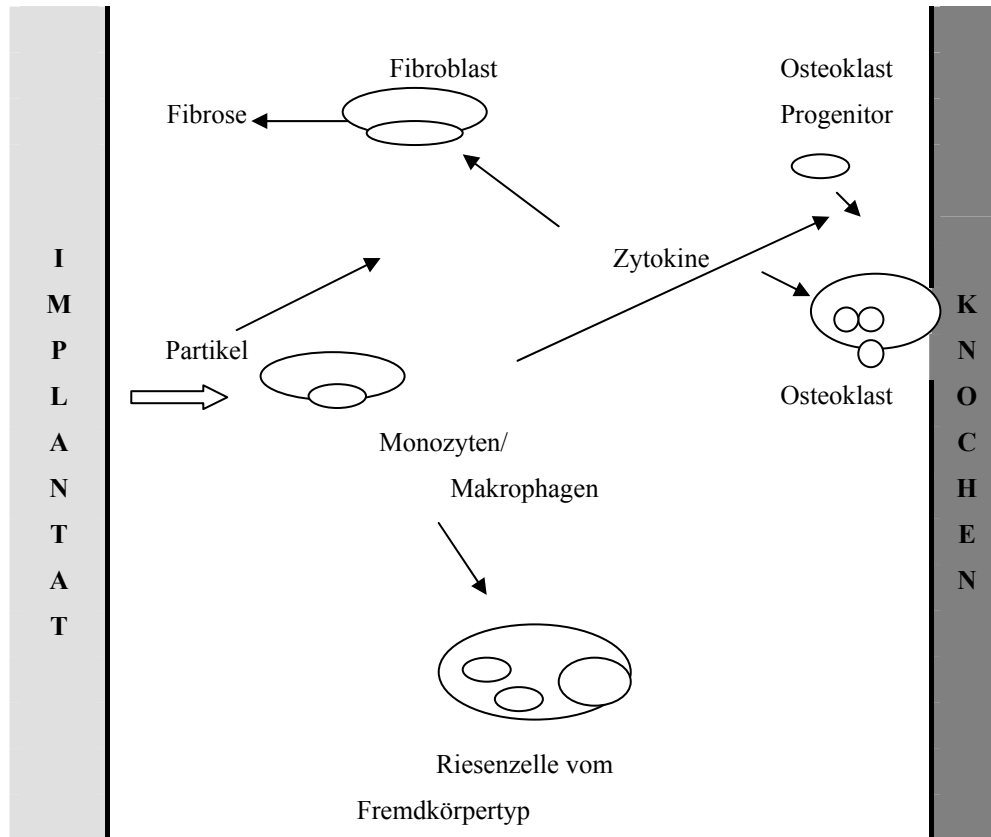


Abb. 1: Inkorporation der Abriebpartikel in Makrophagen. Freisetzung von Zytokinen und Stimulation von Osteoklasten mit nachfolgender Knochenresorption; aus Wang, 1993

Bei zunehmender Osteoklastenaktivität kommt es zu Knochensubstanzdefekten mit Auslockern der Implantate aus dem geschwächten Prothesenlager (siehe Abb. 2) oder möglicherweise zur pathologischen Fraktur des knöchernen Implantatlagers.

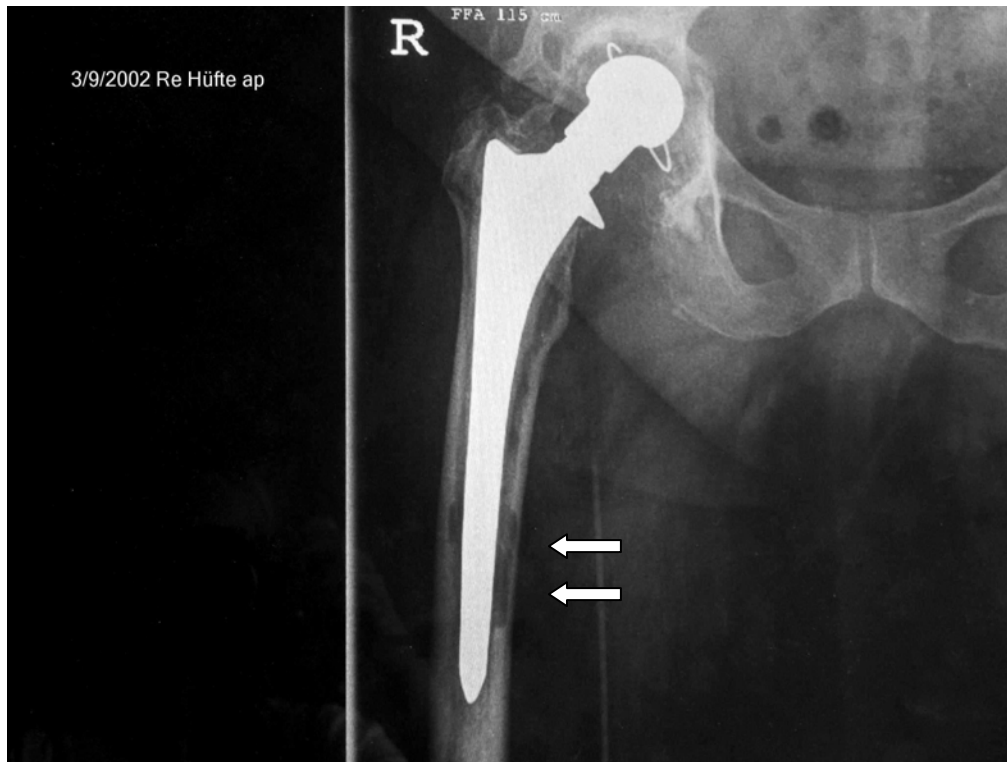


Abb. 2: Periprothetische, knöcherne Osteolysen des Femurs (siehe Blockpfeile) bei aseptischer Hüft-TEP Lockerung

Das Risiko einer traumatischen, periprothetischen Fraktur wird mit vorbestehender Insuffizienz der Knochensubstanz größer und kann in Insuffizienzfrakturen münden.

Seitens der Industrie stehen zur operativen Versorgung spezielle Revisionsendoprothesen mit Überlänge zur Überbrückung von Knochendefekten mit seitendifferenter Kurvation zur Verfügung. Es können auch Implantate zum Ersatz des proximalen Femurs genutzt werden.

Der limitierende Faktor in der Revisionschirurgie ist das zum Teil stark angegriffene knöcherne Lager. Selbst ein individuell angefertigter Revisionsschaft bringt keinen Benefit, wenn keine Substanz zur knöchernen Integration zur Verfügung steht. Osteosynthesen versagen, wenn sie nicht knöchern stabil fixiert werden können.

Im Falle eines stark insuffizienten Prothesenlagers ist die Voraussetzung für einen erfolgreichen Hüftendoprothesenwechsel die Wiederherstellung des knöchernen Prothesenlagers.

Ein besonderes Problem ergibt sich bei Vorliegen eines überdimensionalen Femurquerschnittes bei limitiertem Volumen der Revisionsprothesenschäfte. Bisher wurde dieses Problem meist durch Auffüllen des großen Femurinnendurchmessers mit Zement gelöst, was wiederum eine erhöhte Relockerungsrate mit sich brachte (Saxler, 2005). Zudem besteht die Gefahr, dass es bei zusätzlichem Knochensubstanzdefekt zu einem Austritt von Knochenzement aus dem Femur kommen kann.

Zusammenfassend stellt sich die Frage nach Möglichkeiten einer adjuvanten allogenen Knochentransplantation zur Rekonstruktion größerer knöcherner Defekte.

1.3 Lösungsansatz

In der vorliegenden Arbeit wird eine Operationstechnik zur biologischen Augmentation und Stabilisierung größerer Knochendefekte unter Verwendung von strukturellen Allografts, so genannten Strut Grafts, vorgestellt. Diese Operationstechnik wird seit Jahren an der Universitätsklinik Essen und im Kreiskrankenhaus Mechernich genutzt.

Strut Grafts sind corticale Allografts aus gefrorenem Leichenknochen. Der Begriff „Strut“ kommt aus dem Englischen und bedeutet Strebe oder Stütze (Klatt, 1983).

Die Allografts werden entsprechend den internationalen Transplantationsrichtlinien für Knochengewebe aufbereitet und als biologische Osteosynthese verwendet.

Anliegen dieser Arbeit ist es, die Wirksamkeit der Behandlung von Knochendefekten und Frakturen mit Strut Grafts am proximalen und diaphysären Femur zu prüfen.

1.4 Fragen und Hypothese

Alle Probanden der vorliegenden Arbeit wurden unter Einsatz struktureller Allografts als Strut Grafts operativ am proximalen und diaphysären Femur behandelt. Bei der Erhebung und Auswertung wurden folgende Fragen in Bezug auf das Kollektiv untersucht:

1. Führt die Verwendung von Strut Grafts bei periprothetischen Femurfrakturen zur Frakturheilung und in der Folge zu einer stabilen Prothesenintegration?
2. Führt ein ergänzender Prothesenschaftwechsel im Rahmen der Strut Graft Osteosynthese zu besseren Ergebnissen bezüglich Frakturheilung und Prothesenintegration?
3. Können durch Strut Grafts periprothetische Femurdefekte adäquat augmentiert werden mit nachfolgend stabiler Prothesenintegration?
4. Ist eine Verminderung von Schmerz und Verbesserung von Funktion durch die Verwendung von Strut Grafts erreichbar?
5. Bestehen alters- oder geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Verwendung von Strut Grafts?
6. Erreichen Strut Grafts eine suffiziente Querschnittsverkleinerung des Femur mit nachfolgend stabiler Prothesenintegration?
7. Wie verhalten sich Strut Grafts längs der Zeitachse bei erstmalig dokumentierten Langzeitergebnissen?

Hieraus ergibt sich folgende Arbeitshypothese: Strut Grafts können eine dauerhafte Augmentation und Stabilisierung des insuffizienten femoralen Implantatlagern leisten.

2 Material und Methode

2.1 Kollektiv

Von 1991 bis 2006 wurden in der orthopädischen Abteilung der Kreiskrankenhaus Mechernich GmbH, ehemals Betriebsstätte Zülpich, und der orthopädischen Klinik der Universität Duisburg-Essen insgesamt 86 Patienten unter Verwendung von Strut Grafts am proximalen Femur bei vorbestehender Hüftendoprothese operativ behandelt.

Einschlusskriterien für die vorliegende Studie waren das Vorhandensein einer Hüftendoprothese mit Insuffizienz des knöchernen periprothetischen Lagers und die operative Revision unter Verwendung von Strut Grafts. Weitere Kriterien waren das Einverständnis der einzelnen Probanden mit der Dokumentation und Verwendung der erhobenen Daten und deren Fähigkeit zur aktiven Mitarbeit auf physischer und geistiger Ebene. Alle Probanden wurden anonymisiert und erhielten einen individuellen Zahlencode zur Identifizierung, der durchgängig beibehalten wurde. Die Studie wurde gemäß den Kriterien der Ethik-Kommission der Universität Duisburg-Essen konzipiert und von dieser befürwortet.

15 Probanden konnten postoperativ nicht erfasst werden. Der häufigste Grund war Krankheit beziehungsweise Tod ohne Zusammenhang mit der operativen Therapie. Zwei weitere Probanden verstarben unmittelbar postoperativ noch während des stationären Aufenthaltes an den Folgen der Operation und Narkose, eine Probandin erlitt zeitnah zur Operation einen ischämischen Hirninsult mit nachfolgender Hemiparese und Aphasie, drei Probanden waren aufgrund eines Umzuges einer Nachuntersuchung nicht zugänglich. Zusammenfassend verbleibt ein Kollektiv von insgesamt 71 Probanden für die vorliegende Studie. 54 Probanden waren weiblichen und 17 Probanden männlichen Geschlechts.

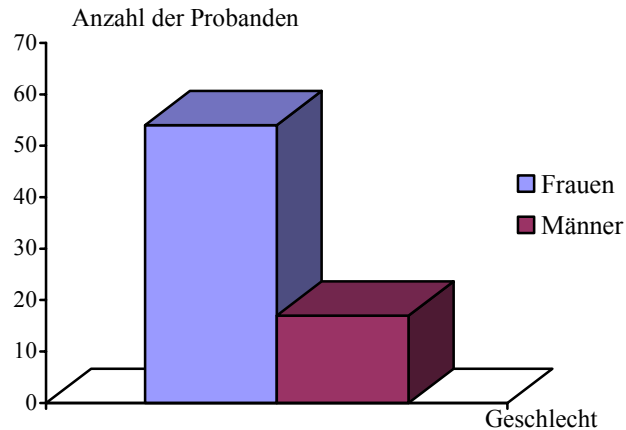


Abb. 3: Anzahl der Probanden in Bezug auf das Geschlecht

Das Durchschnittsalter der 71 Probanden lag zum Zeitpunkt der Operation bei 67,5 Jahren, Standardabweichung (s) = 10,02. Der jüngste Teilnehmer war 43 Jahre, der älteste 88 Jahre alt. Im Einzelnen fanden sich je ein 48-, 53-, 58-, 59-, 63-, 71-, 73-, 74-, 76- und 88-jähriger Proband. Je zwei Probanden waren 43, 57, 61, 62, 64, 65, 66, 79 und 82 Jahre alt. Je drei Probanden waren 51, 55, 68, 69, 72, 75, 77, 78, 80 und 81 Jahre alt. 60 und 70 Jahre waren je vier Probanden und fünf Probanden waren 67 Jahre alt. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Altersverteilung.

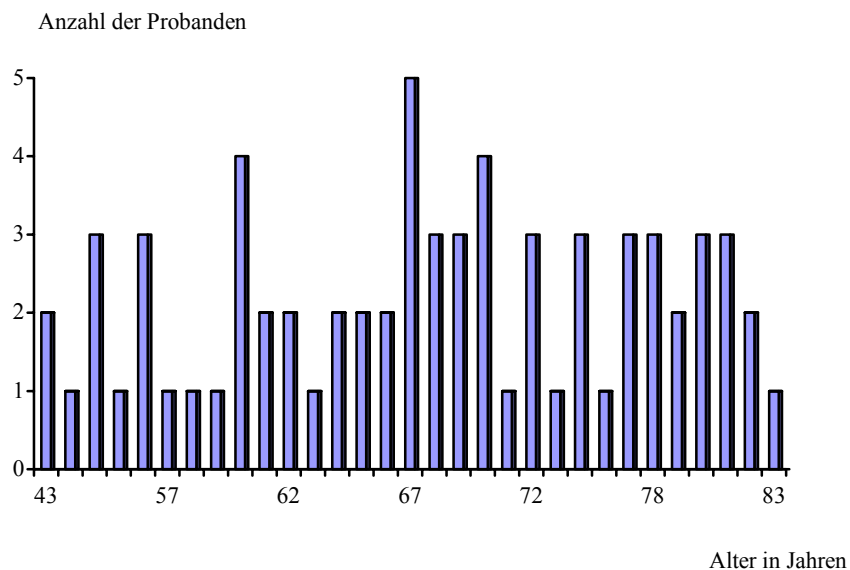


Abb. 4: Anzahl der Probanden in Bezug auf das Alter in Jahren

Alle in die Studie einbezogenen Probanden wurden mittels Strut Grafts operativ behandelt. Zur Anwendung kamen in 21 Fällen ein Strut Graft, in 49 Fällen zwei Strut Grafts und in einem Fall drei Strut Grafts. In zehn Fällen wurde eine ergänzende autologe Spongiosaplastik durchgeführt und in acht Fällen eine ergänzende Osteosynthese, es wurden sechs Femurplatten und zwei retrograde intramedulläre Nägel verwendet. 52 Probanden erhielten bei gelockertem Implantat ergänzend einen Prothesenschaftwechsel. Die Revisionsschäfte wurden in 51 Fällen zementfrei implantiert und in einem Fall zementiert. Alle Revisionsschäfte hatten Überlänge.

2.2 Knochenbank

In beiden an der Studie teilnehmenden Kliniken wird die Knochenbank nach den Richtlinien der Bundesärztekammer geführt (Dt. Ärzteblatt 2001).

Nach Erhalt der Transplantate aus einer zentralen Knochenbank wird das Allograft unmittelbar in die Knochenbank eingelagert. Im Kühllager stehen getrennt voneinander ein Quarantäne- und ein Endlager zur Verfügung. Die Knochenbank befindet sich im aseptischen Operations-Bereich. Die Temperatur im Kühllager beträgt mindestens -70°C , die Kühlung erfolgt durchgängig und wird täglich kontrolliert und dokumentiert. Bei Ansteigen der Temperatur über -70°C wird ein Alarmsignal hörbar. Eine Zwischenlagerung des Allograft ist bei einer Temperatur von mindestens -20°C für maximal sieben Tage möglich (zum Beispiel für Transportzwecke). In einer Dreifach-Weichverpackung werden die Transplantate gelagert, die Identifikationsnummer ist von außen sichtbar. Die Transplantate werden maximal fünf Jahre eingelagert und nach diesem Zeitraum bei nicht erfolgter Verwendung verworfen.

Leiter der Knochenbank ist in beiden Kliniken ein geschulter Facharzt, der für die Aufnahme und Freigabe der Transplantate verantwortlich ist sowie die Dokumentation, Identifikation und Qualitätssicherung kontrolliert. Die Dokumentation aller Prozeduren jedes einzelnen Allografts wird für 15 Jahre archiviert und dann verworfen.

2.3 Operationstechnik

In der vorliegenden Studie wurden alle Strut Grafts nach dem gleichen Verfahren aufgearbeitet.

Die femoralen Allografts wurden in einer zentralen Knochenbank eingekauft und in beiden an der Studie teilnehmenden Kliniken in der klinikeigenen Knochenbank eingelagert. Perioperativ wurde das Allograft tiefgefroren der Knochenbank entnommen. Aufgrund der natürlichen Femur-Antekurvation wurde üblicherweise ein ipsilaterales Femur verwandt. Das Femur wurde unterhalb der Trochanterregion und oberhalb der Kondylenregion mit der oszillierenden Säge eingekürzt. Der Röhrenknochen wurde dann ebenfalls mit der oszillierenden Säge längs der Linea Aspera in zwei oder drei Teile gespalten. Die so hergestellten Grafts wurden mit der hochoffenen Fräse vollständig von Spongiosa und Knochenmark befreit, so dass ein rein kortikaler Span entsteht, der als Strut Graft bezeichnet wird. Die folgende Abbildung zeigt zwei Strut Grafts vor Implantation.



Abb. 5: Strut Grafts im Original

(Mit freundlicher Genehmigung von Herrn Chefarzt Dr. J. Fitzek, KKH Meckernich)

Die Länge der Späne wurde bei den periprothetischen Frakturen in der Art gewählt, dass die Fraktur um mindestens zehn Zentimeter überbrückt wurde. Bei Vorliegen von periprothetischen Femurdefekten sollte die Länge der Strut Grafts die Defekte möglichst weit überbrücken. Im nächsten Schritt wurde das Femur des Probanden vorbereitet. Der gelockerte Prothesenschaft und etwaig bestehende Zementreste wurden entfernt. Bei Vorliegen einer Fraktur wurde die Fraktur wasserdicht reponiert. Teilweise gelang dies bei ausgedehnten knöchernen Defekten nicht. In solchen Fällen wurden die Strut Grafts unmittelbar an die eingebrachte Revisionsendoprothese angelagert. Das Graft dient dann als so genanntes „supportives“ Allograft (Barden 2001).

In der Onlay Technik wurden in Abhängigkeit von Fraktur- oder Defektlänge ein oder zwei kortikale Späne anteromedial und/oder -lateral der Kortikalis des Probanden angelegt und mittels Cerclagen circular fixiert. Die folgenden Abbildungen zeigen die Anordnung und Fixierung der Strut Grafts am Knochen des Probanden schematisch, sowie den intraoperativen Befund.

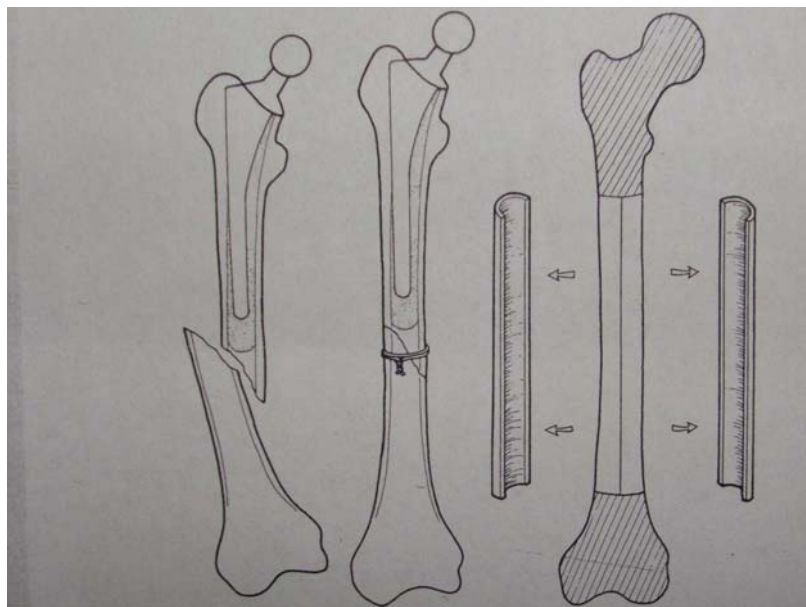


Abb. 6: Schematische Darstellung der Strut Graft Osteosynthese nach Chandler und Tigges (1997)

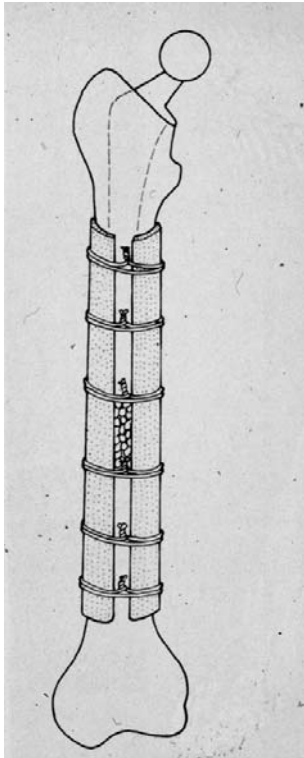


Abb. 7

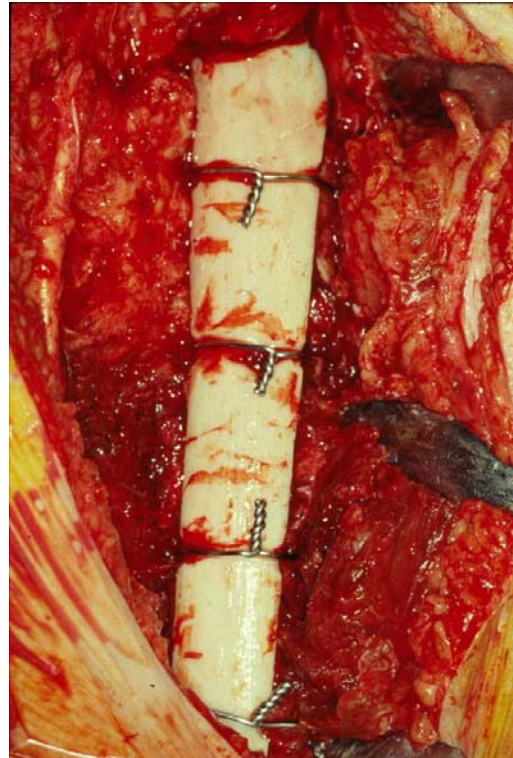


Abb. 8

Abb. 7: Schematische Darstellung der Strut Graft Osteosynthese nach Chandler und Tigges (1997)

Abb. 8: Intraoperativer Befund li Femur nach Strut Graft Anlage und Fixierung durch Cerclagen
(Mit freundlicher Genehmigung von Herrn Chefarzt Dr. J. Fitzek, KKH Mechnich)

In der Inlay Technik wurden die Strut Grafts unfixiert nach intramedullär vorgeschoben, um den Innendurchmesser des Schaftes zu verkleinern. Diese Technik wurde bereits 2006 von Otte am Beispiel von fünf Fällen publiziert (Otte, 2006).

Bei allen entfernten Prothesenschäften wurde abschließend der Revisionsschaft in der Regel zementfrei implantiert.

2.4 Nachbehandlungsschema

Im vorliegenden Kollektiv erfolgte die postoperative Nachbehandlung aller Probanden nach dem gleichen Schema.

In den ersten beiden postoperativen Tagen wurden die Probanden auf Bettkante und Stuhl ohne Belastung mobilisiert. Am zweiten postoperativen Tag wurden, wenn möglich, die Wunddrainagen gezogen und ein Röntgenbild des operierten Beines im anterior-posterioren (ap) Strahlengang erstellt. Bei korrektem Sitz der TEP und Osteosynthese wurden die Probanden unter krankengymnastischer Anleitung mit Abrollbelastung des operierten Beines von 15-20 kg auf Stationsebene mobilisiert. Die Flektion des Hüftgelenkes wurde mit 90° limitiert. Nach der ersten postoperativen Woche schloss sich bei komplikationslosem Verlauf die Mobilisierung des Probanden auf der Treppe an.

Nach Abschluss der Wundheilung wurden Röntgenbilder in zwei Ebenen durchgeführt und die Probanden bei korrektem radiologischen Sitz in die ambulante oder stationäre Anschlussheilbehandlung entlassen.

Die Abrollbelastung von 15-20 kg wurde für insgesamt zwölf Wochen postoperativ beibehalten, ebenso die limitierte Hüft-Flektion von 90°.

Zwölf Wochen postoperativ erfolgte eine erneute Röntgenkontrolle in zwei Ebenen. Bei festem Prothesensitz und verheilter Fraktur begannen die Probanden den Belastungsaufbau über einen Zeitraum von zwei Wochen bis zur Vollbelastung.

Die weiteren klinischen und radiologischen Kontrollen wurden bei komplikationslosem Verlauf jährlich durchgeführt.

2.5 Gruppenbildung

Alle Probanden wurden zur Datenerhebung und -auswertung in zunächst drei verschiedene Gruppen, entsprechend ihrer Ätiologie der Knochenveränderung, unterteilt.

In der ersten Gruppe befanden sich alle Probanden mit Vorliegen einer periprothetischen Fraktur und werden im Folgenden als *Frakturgruppe* bezeichnet.

Die zweite und dritte Gruppe beinhaltet alle Probanden mit Vorliegen von periprothetischen Knochensubstanzdefekten ohne Vorliegen einer zusätzlichen Fraktur. Während Gruppe zwei alle Probanden mit Femurdefekttyp 2 und 3 nach Paprosky (Definition der Defektklassifikation siehe 21) einschloss. Diese Gruppe wird im Folgenden als *Augmentgruppe* bezeichnet.

Gruppe drei beinhaltete die Probanden mit Defekttyp 4 nach Paprosky. Diese Gruppe wurde in der oben beschriebenen Inlaytechnik operiert und daher gesondert betrachtet. Die Gruppe drei wird im Weiteren als *Inlaygruppe* bezeichnet.

Ziel dieser Gruppenbildung ist es, etwaige Unterschiede zwischen periprothetischen Femurfrakturen und -defekten im postoperativen Ergebnis zu erfassen.

Die Unterteilung des Gesamtkollektivs in *Fraktur- Augment- und Inlaygruppe* wird im Folgenden durchgehend als Gruppierung Eins bezeichnet.

Betrachtet man das Gesamtkollektiv isoliert im Hinblick auf die knöcherne Integrität des Prothesenschaftes präoperativ, entsteht eine Neugruppierung des Gesamtkollektivs unabhängig von der Ätiologie der Knochenveränderungen. Diese wird im Folgenden durchgehend als Gruppierung Zwei bezeichnet. Die Untergruppen wurden nach stabilem und gelockertem Prothesenschaft unterteilt.

In der Gruppierung Zwei werden alle Probanden mit festem Prothesensitz, entsprechend den Frakturtypen Vancouver B1 und C1, der *Schaftgruppe* und alle Probanden mit gelockertem Prothesenschaft und ergänzendem Schaftwechsel intraoperativ, entsprechend den Frakturtypen Vancouver B2 und B3 sowie den Defekttypen 2 A, B, C und 3 nach Paprosky, der *Implantatgruppe* zugeordnet.

In der *Inlaygruppe* befanden sich weiterhin alle Probanden, die mittels Inlaytechnik operiert wurden und daher gesondert betrachtet werden.

Die Bildung der Gruppierung Zwei erfolgte mit der Frage des Benefits eines Schaftwechsels mit zusätzlicher Defekt- oder Frakturüberbrückung intramedullär durch einen überlangen Revisionsschaft in Bezug auf die knöcherne Integration der Prothese und die Heilung der periprothetischen Fraktur postoperativ. Im direkten Vergleich konnte so der Frage nachgegangen werden, ob im vorliegenden Kollektiv ein zusätzlicher Prothesenschaftwechsel zu besseren Ergebnissen bezüglich knöcherner Integration und Frakturheilung postoperativ führt.

Die Klassifikation der periprothetischen Frakturen erfolgte aufgrund ihrer Beschaffenheit und Lokalisation nach der Einteilung von Duncan und Masri, der so genannten Vancouver Klassifikation (Duncan, 1995). Zugrunde gelegt wurden das präoperativ erstellte Röntgenbild sowie der intraoperativ erhobene Befund.

Die Frakturen werden in Typ A, B und C unterteilt. Typ A beschreibt Frakturen der Trochanterregion bei vollständig intakter Diaphyse und teilt sich in Frakturen des Trochanter majors (AG) und Frakturen des Trochanter minors (AL). Bei Typ B handelt es sich um Femurschaftfrakturen auf Höhe der femoralen Prothesenkomponente, wiederum unterteilt in B1, B2 und B3. Typ B1 fordert einen festen Prothesensitz, B2 eine gelockerte Prothese und B3 eine gelockerte Prothese mit Mehrfragmenfraktur. Die Typ C Frakturen befinden sich distal des Prothesenschaftes, C1 nahe der Prothesenspitze und C2 weit entfernt. In der vorliegenden Arbeit finden sich keine Frakturen des Typs C2, da sie sich bei weiter Entfernung zur Prothesenspitze der typischen Problematik einer periprothetischen Versorgung entziehen.

Die folgenden Abbildungen zeigen schematisch die Einteilung nach Duncan und Masri.

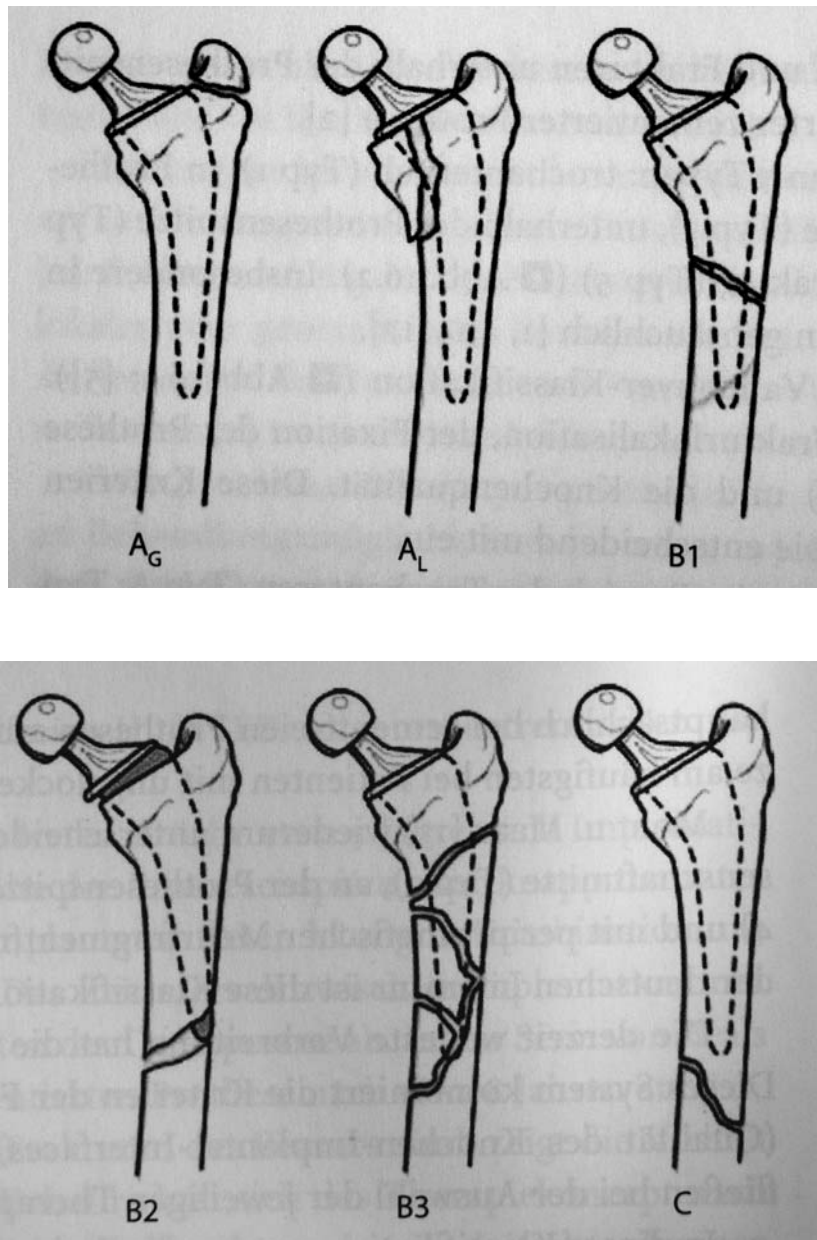


Abb. 9 und 10: Vancouver Klassifikation nach Duncan und Masri unterteilt in drei Typen
(Duncan, 1995)

Alle Knochensubstanzdefekte wurden prä- und perioperativ nach der Klassifikation von Paprosky (Paprosky, 1990) und später erweitert durch Della Valle und Paprosky (Della Valle, 2003) eingeteilt. Die Klassifikation ist komplex, erfasst jedoch präzise die Defektzonen des Femurs in Bezug auf Meta- und Diaphyse und die daraus resultierende

Instabilität des Knochens als Prothesenlager. Unterteilt werden die Knochensubstanzdefekte in vier Typen.

Typ 1 weist eine intakte Meta- und Diaphyse auf, es findet sich ein diskreter Substanzverlust am Kalkar, anterior und posterior. Dieser Typ ist in der vorliegenden Arbeit nicht von Bedeutung, da eine Strut Graft Anlage nicht indiziert ist.

Typ 2 beschreibt eine nicht intakte Metaphyse mit großem Substanzverlust anterior und posterior bei intakter Diaphyse. Typ 2A beschränkt sich auf den Kalkar, Typ 2B beschreibt einen zusätzlichen Defekt in der Subtrochantärregion anterolateral mit fehlender Stabilität für Rotationskräfte. Typ 2C zeigt einen durchgehenden Substanzdefekt vom Kalkar bis tief in die subtrochantere Region reichend. Eine Prothesenverankerung mit proximaler Fixierung ist nicht mehr möglich.

Typ 3 beschreibt einen kombinierten Knochendefekt der Meta- und Diaphyse mit großen Substanzdefekten und resultierender Instabilität meta- und diaphysär. Bei Typ 3A verbleiben mindestens vier Zentimeter intakte Diaphyse, bei Typ 3B weniger.

Typ 4 zeigt neben großen Substanzdefekten meta- und diaphysär und daraus resultierender Instabilität einen stark aufgeweiteten Intramedullärraum mit fehlender Stabilität des Isthmus. Dieser Typ entspricht dem Bild eines verrosteten Offenrohres.

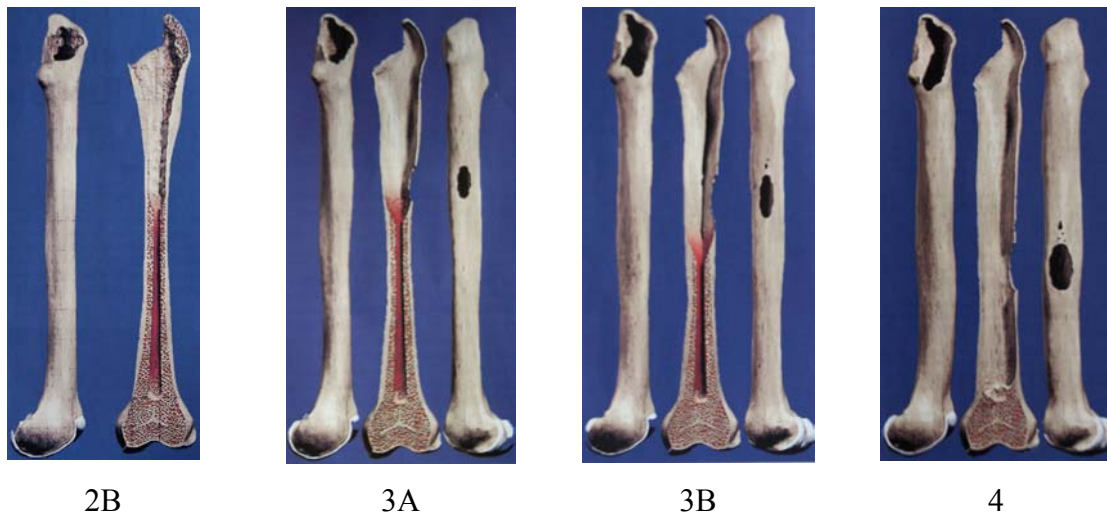


Abb. 11: Die Klassifikation nach Paprosky wird anhand von Femurschnitten demonstriert (Typ 2-4, Della Valle 2002)

Nach Einteilung des Kollektivs in die Gruppierung Eins fanden sich anhand der oben beschriebenen Klassifikationen 38 Probanden in der Frakturgruppe, 28 in der Augmentgruppe und fünf in der Inlaygruppe.

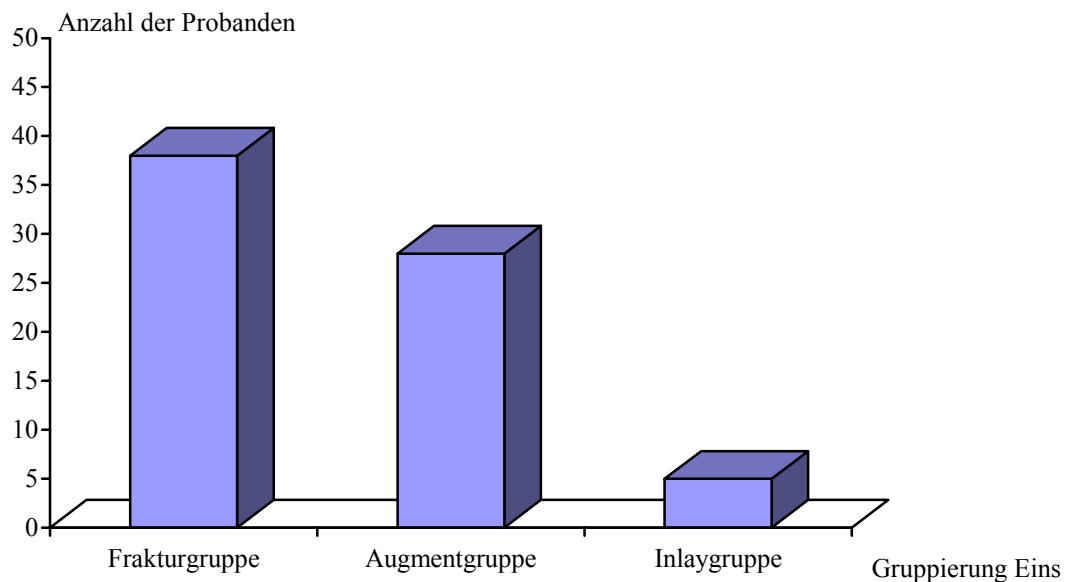


Abb. 12: Anzahl der Probanden in den Untergruppen der Gruppierung Eins

Das Durchschnittsalter in der Frakturgruppe lag bei 70,29; Standardabweichung (s) = 10,59; Minimum (min) 43, Maximum (max) 88 Jahren, in der Augmentgruppe bei 64,18 s = 8,99 (min 43, max 79) Jahren und in der Inlaygruppe bei 65,20 s = 4,09 (min 60, max 70) Jahren.

Weiblichen Geschlechts waren 31 Probanden in der Frakturgruppe, 21 in der Augmentgruppe und zwei in der Inlaygruppe.

Männlichen Geschlechts waren sieben in der Frakturgruppe, sieben in der Augmentgruppe und drei in der Inlaygruppe.

Die folgende Abbildung zeigt die Geschlechterverteilung.

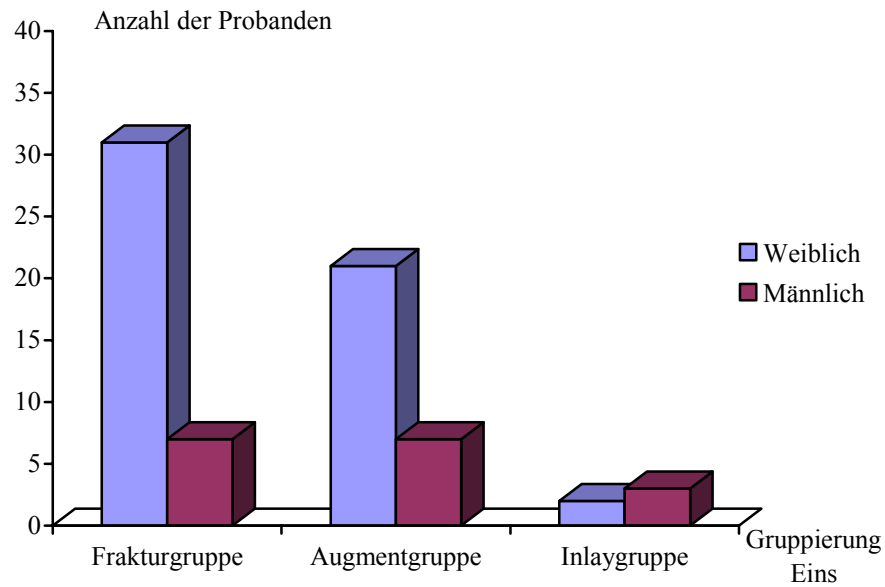


Abb. 13: Geschlechterverteilung in den Untergruppen der Gruppierung Eins

In der Gruppierung Zwei wurden 22 Probanden ohne Prothesenschaftwechsel der Schaftgruppe zugeordnet und 44 Probanden mit Prothesenschaftwechsel der Implantatgruppe. Fünf Probanden verblieben weiterhin in der Inlaygruppe.

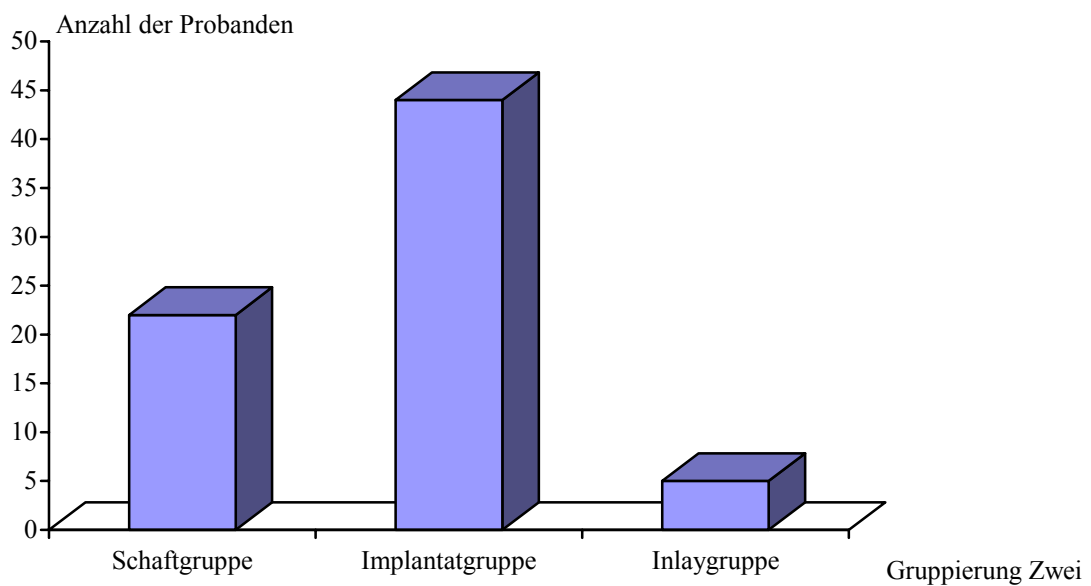


Abb. 14: Anzahl der Probanden in den Untergruppen der Gruppierung Zwei

Das Durchschnittsalter in der Schaftgruppe lag bei 68,64 s = 10,28 (min 48, max 82) Jahren, in der Implantatgruppe bei 67,23 s = 10,44 (min 43, max 88) und in der Inlaygruppe bei 65,20 s = 4,09 (min 60, max 70) Jahren.

Weiblichen Geschlechts waren 18 Probanden in der Schaftgruppe, 34 in der Implantatgruppe und zwei in der Inlaygruppe. Männlichen Geschlechts waren vier in der Schaftgruppe, zehn in der Implantatgruppe und drei in der Inlaygruppe.

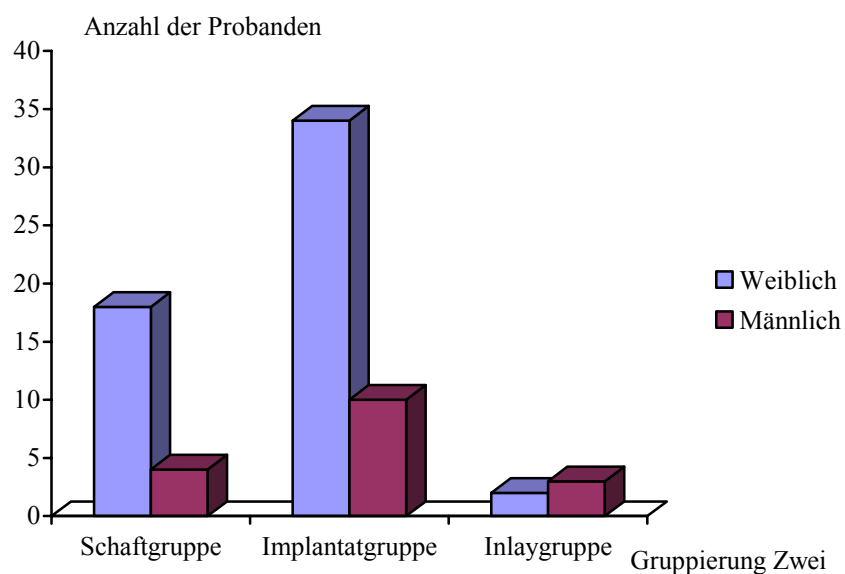


Abb. 15: Geschlechterverteilung in den Untergruppen der Gruppierung Zwei

2.6 Präoperative Erhebung

Der erste Messzeitpunkt lag unmittelbar vor der operativen Versorgung der Probanden. Vorausgegangen waren die Indikationsstellung zur Operation sowie eine ausführliche Aufklärung der Probanden über den geplanten Eingriff, Risiken und Behandlungsalternativen sowie die Zustimmung des Einzelnen zu der geplanten Operation.

Die Parameter Schmerz und Funktion wurden präoperativ nach dem Harris Hip Score (Harris, 1969) in der von Harris selbst modifizierten und evaluierten Form als Selbstfragebogen (Harris, 2001) erfasst. Der Score ist ein etabliertes und zuverlässiges Instrument zur Erfassung der Parameter Schmerz und Funktion. Aufgrund seiner bevorzugten Anwendung ist zudem eine gute Vergleichbarkeit mit Ergebnissen anderer Studien möglich. Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt 100 und in der modifizierten Form 90 Punkte, die auf 100 aufgewertet wurden (Harris, 2001).

Der Parameter Schmerz wird mit einer maximalen Gesamtpunktzahl von 44 hochrangig bewertet. Die Punktzahl steigt mit abnehmendem Schmerz. Der Parameter Funktion unterteilt sich in Basisaktivitäten des täglichen Lebens, wie zum Beispiel Gehfähigkeit, und erreicht zusammengefasst eine mögliche Gesamtpunktzahl von 46 Punkten. Je höher die Punktzahl desto leistungsfähiger ist der Proband. Der hier verwendete Harris Hip Score als Selbstfragebogen findet sich im Anhang (Siehe Seite 96).

Mit ärztlicher Hilfestellung beantwortete jeder Proband in den Tagen vor der Operation den Harris Hip Fragebogen.

Anhand der präoperativ erstellten Röntgenaufnahmen wurden in der Gruppierung Eins alle 71 Probanden in Frakturgruppe, Augmentgruppe und Inlaygruppe unterteilt. Der präoperativ erhobene Befund wurde immer intraoperativ kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert.

In 38 Fällen lag eine periprotehtische Fraktur vor, davon 16 traumatische, sechs iatrogene bei Anlage einer Femurosteotomie oder einer intraoperativen Schaftsprengung und 16 Insuffizienzfrakturen bei vorbestehenden Knochensubstanzdefekten oder Pseudarthrosen nach Versagen alternativer Osteosyntheseverfahren zur Frakturstabilisierung.

In der Vancouver Klassifikation (Duncan 1995) fanden sich 15 Typ B1, fünf Typ B2, elf Typ B3 und sieben Typ C Frakturen.

Die folgende Abbildung stellt die Verteilung in der Frakturgruppe graphisch dar:

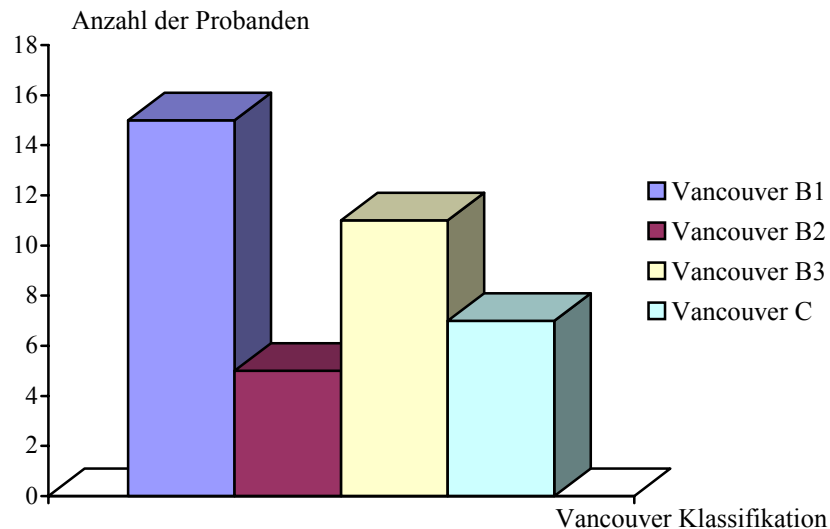


Abb. 16: Anzahl der Probanden in der Frakturgruppe in Bezug auf die Vancouver Klassifikation präoperativ

Das Durchschnittsalter der Probanden betrug zum Zeitpunkt der Operation bei Frakturtyp B1 69,4 Jahre, B2 75,2, B3 71,4 und bei Typ C 67 Jahre.

In 33 Fällen lagen periprotehetische Knochensubstanzdefekte des Femurs vor, die in 28 Folge einer aseptischen und in fünf Fällen Folge einer septischen Prothesenlockerung waren. Bei allen septischen Lockerungen ging der Strut Graft Osteosynthese ein Implantatausbau mit Anlage einer Girdlestone Situation oder Implantation eines articulierenden Spacers zur Infektsanierung voraus.

Im vorliegenden Kollektiv fanden sich fünf Typ 2, 23 Typ 3 und fünf Typ 4 Defekte nach der Einteilung von Paprosky (Paprosky, 1990 und Della Valle, 2003).

Die Verteilung in der Augmentgruppe ist in der folgenden Abbildung graphisch dargestellt:

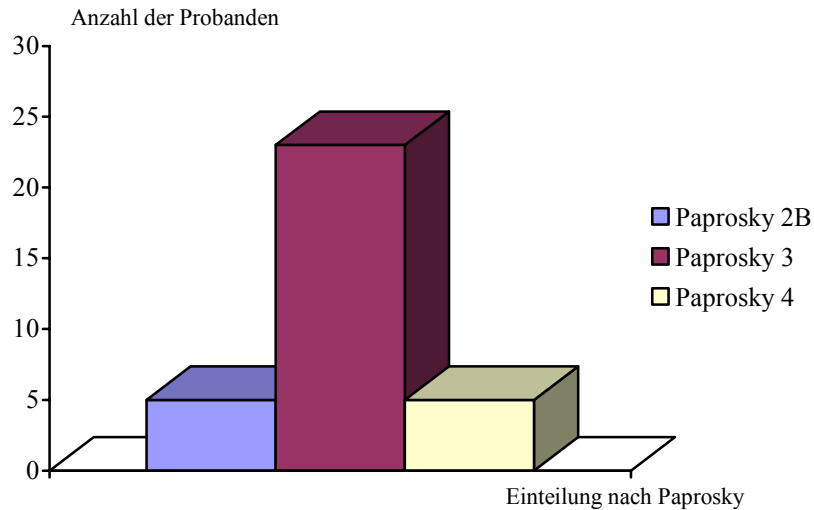


Abb. 17: Anzahl der Probanden in der Augmentgruppe und Inlaygruppe in Bezug auf die Defektklassifikation nach Paprosky präoperativ

Die Defekteinteilung nach Paprosky zeigte bei den Probanden einen Altersdurchschnitt von 66,6 Jahren bei Typ 2B, 63,3 Jahren bei Typ 3 und 65,2 Jahren bei Typ 4.

Die Altersverteilung der Gruppierung Eins bezogen auf die Vancouver Klassifikation und Defekteinteilung nach Paprosky wird in der folgenden Abbildung graphisch veranschaulicht:

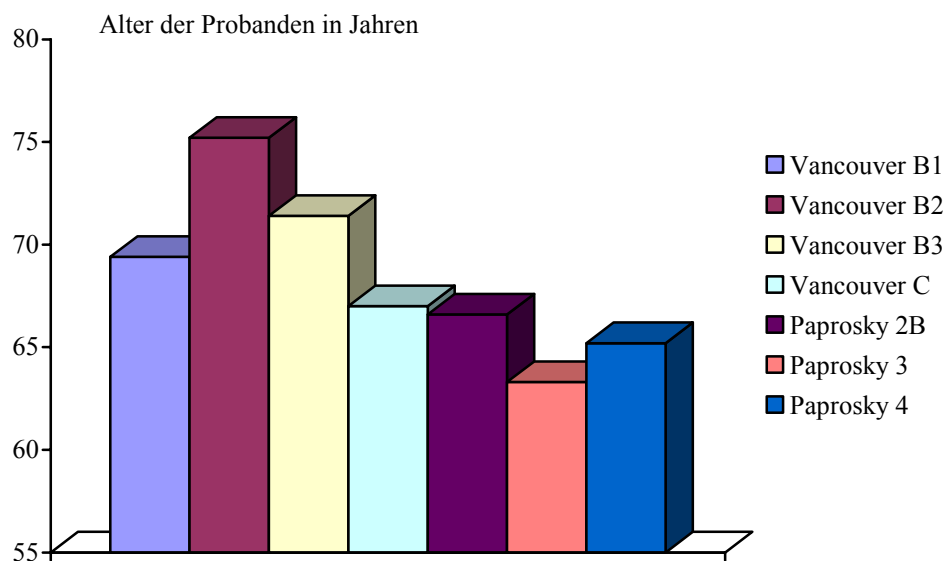


Abb. 18: Durchschnittsalter der Probanden in den Klassifikationen nach Duncan und Paprosky im Gesamtkollektiv präoperativ

2.7 Postoperative Erhebung

Der zweite Messzeitpunkt lag postoperativ. Für den Beobachtungszeitraum zwischen erstem und zweitem Messpunkt wurde ein Mindestzeitraum von drei Monaten festgelegt. Nach diesem Zeitraum war die Frakturheilung und Integration des Prothesenschaftes beurteilungsfähig abgeschlossen. Bei Vorliegen längerer Beobachtungszeiträume wurde der zuletzt erhobene Befund bewertet. Entsprechend fand sich in der vorliegenden Arbeit eine breite Streuung der individuellen Beobachtungszeiträume. Der kürzeste Beobachtungszeitraum lag bei vier Monaten, der längste bei elf Jahren. Der gemittelte Beobachtungszeitraum zwischen erstem und zweitem Messzeitpunkt betrug 3,7 Jahre. Im Einzelnen konnte je ein Proband drei Monate, sieben, acht und elf Jahre, je zwei Probanden sechs Monate, vier, viereinhalb, sechseinhalb und 10 Jahre, je drei Probanden zweieinhalb, dreieinhalb und neun Jahre, je vier Probanden drei und fünfeinhalb Jahre, je sechs Probanden anderthalb und sechs Jahre, sieben Probanden fünf Jahre, acht Probanden zwei Jahre und 13 Probanden ein Jahr postoperativ beurteilt werden.

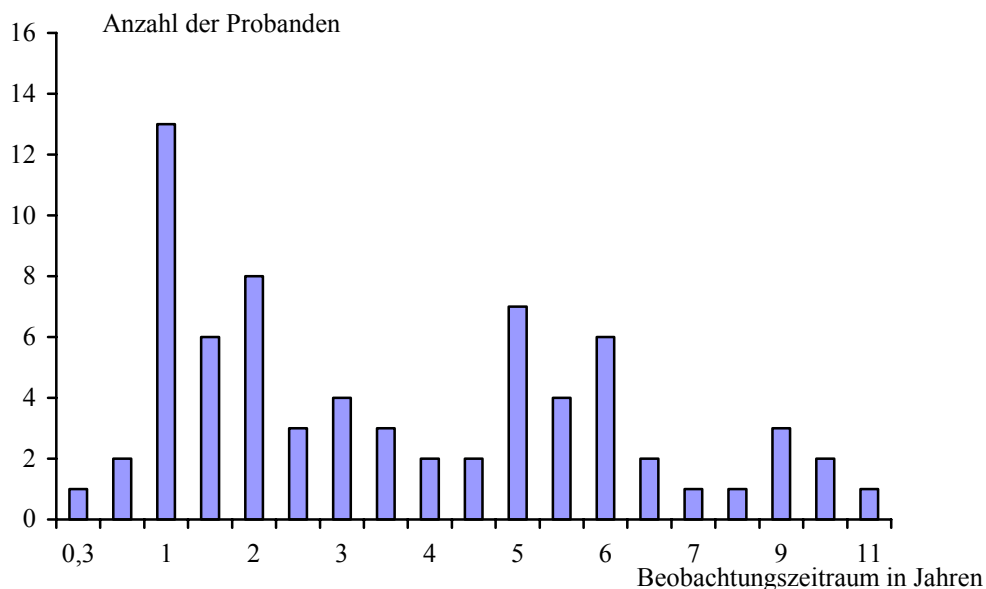


Abb. 19: Anzahl der Probanden im Gesamtkollektiv in Bezug auf die Länge des Beobachtungszeitraums in Jahren

Zum Zeitpunkt der zweiten Messung beantworteten alle Probanden erneut den Harris Hip Fragebogen mit ärztlicher Hilfestellung.

Zum gleichen Zeitpunkt wurden für jeden Probanden aktuell erstellte Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen betrachtet und ausgewertet.

Die Stabilität des Prothesenschaftes wurde postoperativ nach den radiologischen Kriterien von Engh und Massin beurteilt (Engh, 1989). Hierbei wird die biologische Integration des Prothesenschaftes in den Knochen in drei Kategorien eingeteilt. Radiologisch sichtbare Umbauvorgänge am Knochen und im Interface zwischen Werkstoff und Knochen werden im zeitlichen Verlauf betrachtet. Zeichen sicherer knöcherner Integration ist eine Trabekelausrichtung der Spongiosa auf den Prothesenschaft sowie die radiologisch sichtbare Knochenatrophie am proximalen Femur als Ausdruck der veränderten Krafteinleitung bei stabil sitzendem Schaft sowie das Fehlen eines sichtbaren Lysesaaumes. Ein fibrös stabiler Prothesenschaft zeigt einen nicht größer als einen Millimeter messenden Saum an der Implantat-Knochengrenze ohne sichtbare Osteolysen und ohne Migration der Prothese bei bestehender Beschwerdefreiheit des Probanden.

Große periprotetische Osteolysen oder die Migration des Prothesenschaftes werden als sicher instabiles Zeichen bewertet.

Kategorie eins erfüllt alle Kriterien einer sicheren knöchernen Integration, Kategorie zwei beschreibt einen fibrös stabilen Prothesenschaft und in Kategorie drei fallen die instabilen Prothesenschäfte.

Mit Hilfe der Röntgenbilder wurde bei allen Probanden das Einheilen der Strut Grafts anhand der Stadieneinteilung nach Emerson (Emerson, 1992) bestimmt.

Das radiologisch sichtbare Verhalten der Strut Grafts längs der Zeitachse wurde von Emerson anhand von Beobachtungen, kombiniert mit histologischen Untersuchungen (Emerson et al., 1992), in eine typische Heilungssequenz eingeteilt. Die Beobachtungen am Röntgenbild im zeitlichen Verlauf korrelierten mit den histologisch nachgewiesenen Heilungsstadien der Strut Grafts. Somit kann anhand der Röntgenaufnahmen eine Einteilung in die verschiedenen Einheilungsstadien der Strut Grafts vorgenommen werden.

Die Einheilung des Strut Graft beginnt mit einem sichtbaren Abrunden der Kontur und einem Dichteverlust nach ca. sieben Monaten und wird als *Round Of* bezeichnet. Nur

wenige Wochen später zeigt sich ein Biegen des Grafts, dem so genannten *Scalloping*. Nach gut acht Monaten wird eine radiologisch sichtbare, teilweise Brückenbildung zur körpereigenen Kortikalis radiologisch sichtbar, die als *Partial Bridging* bezeichnet wird. Die partielle Brückenbildung mündet in eine vollständige Überbrückung zwischen Strut Graft und Kortikalis nach durchschnittlich 12,5 Monaten und wird als *Complete Bridging* bezeichnet. Abschließend konnte Emerson nach durchschnittlich 26,8 Monaten in 22 % der Fälle ein vollständiges Verschwinden des Strut Grafts vom Röntgenbild beobachten. Die vollständige Resorption entspricht dem Stadium der *Canzellization*.

In der vorliegenden Studie wurden postoperativ die Röntgenaufnahmen aller Probanden nach den radiologisch sichtbaren Einheilungsstadien Round Of, Scalloping, Partial Bridging, Complete Bridging und Canzellization eingeteilt. Anhand weiterer mittel- und langfristiger Beobachtungen wurde in der vorliegenden Arbeit der Frage nachgegangen, ob über den von Emerson beschriebenen Beobachtungszeitraum hinaus radiologisch sichtbare Veränderungen auftreten.

Nach erfolgter operativer Versorgung wurden die periprothetischen Frakturen in der Frakturgruppe bezüglich ihrer Heilung in “geheilt” oder “nicht geheilt” unterteilt.

2.8 Statistik

Die Auswertung der vorliegenden Daten erfolgte mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS (Superior Performing Software Systems), Version 10.

Methodisch wurden die deskriptive Statistik, Mittelwertvergleiche, Varianzanalysen und der Chi Quadrat Test (χ^2) angewandt.

Bei den Varianzanalysen wurde das angewandte Testverfahren in Klammern gesetzt. Die Signifikanz wurde mit dem F-Test (F) geprüft, die verwendeten Freiheitsgrade wurden mit df angegeben.

Von (statistischen) Signifikanzen wird im Ergebnisteil nur dann gesprochen, wenn ein Niveau von $p \leq .05$ erreicht wurde.

In der Inlaygruppe wurde aufgrund der geringen Fallzahl ($n = \text{fünf}$) auf eine statistische Analyse verzichtet, die Ergebnisse werden nur deskriptiv dargestellt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse thematisch geordnet präsentiert. Die eingangs gestellten Fragen dienen hierbei als Leitstruktur.

3 Ergebnisse

3.1 Gesamtkollektiv

3.1.1 Knöcherne Integration des Prothesenschaftes

Zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung zeigte sich bei 55 Fällen eine vollständige knöcherne Integration des Prothesenschaftes und in 16 Fällen eine fibrös stabile Situation. Die knöcherne Integration war signifikant größer als die der fibrös stabilen Implantate (Prüfgröße, χ^2 21,423, df 1, $p > .001$). Ein instabiler Prothesenschaft fand sich **in keinem Fall**. Der gemittelte Beobachtungszeitraum betrug 3,7 Jahre, $s = 2,68$ (min vier Monate, max 11 Jahre).

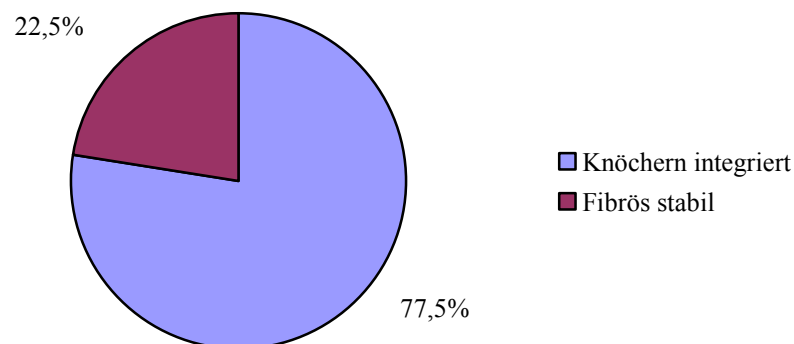


Abb. 20: Prozentuale Verteilung des Integrationsstatus im Gesamtkollektiv

In der Altersverteilung der Probanden fanden sich folgende Häufigkeiten von knöchern integriertem und fibrös stabilem Implantat:

Knöchern integrierte Prothesenschäfte fanden sich bei 55 Probanden, davon war je ein Proband 48, 53, 58, 59, 61, 62, 63, 66, 74, 76, 77 und 88 Jahre alt. Je zwei Probanden waren 43, 57, 64, 65, 68, 70, 72, 75, 79, 80 und 82 Jahre alt. Je drei Probanden waren 51, 55, 60, 67, 69, 78 und 81 Jahre alt.

Fibrös stabile Prothesenschäfte fanden sich bei insgesamt 16 Probanden, davon war je ein Proband 60, 61, 62, 66, 68, 71, 72, 73, 75 und 80 Jahre alt. Je zwei Probanden waren 67, 70 und 77 Jahre alt.

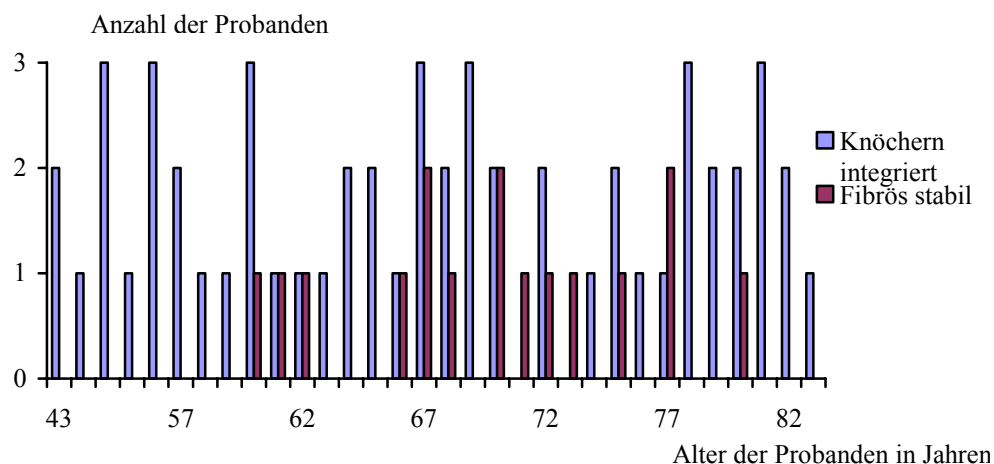


Abb. 21: Anzahl der Probanden in Bezug auf das Alter zum Zeitpunkt der Operation und den Integrationsstatus postoperativ im Gesamtkollektiv

Die Abbildung zeigt, dass bis zum 60. Lebensjahr alle Schäfte knöchern integrierten, im mittleren Altersbereich fanden sich neben den knöchern integrierten Prothesen auch fibrös stabile Implantate, ab dem 81. Lebensjahr zeigten sich die Prothesenschäfte wieder knöchern integriert.

In der Geschlechterverteilung ergab sich folgendes Bild: 42 Probanden mit knöchern integriertem Prothesenschaft waren Frauen, 13 waren Männer. Fibrös stabile Prothesenschäfte fanden sich bei zwölf Frauen und vier Männern.

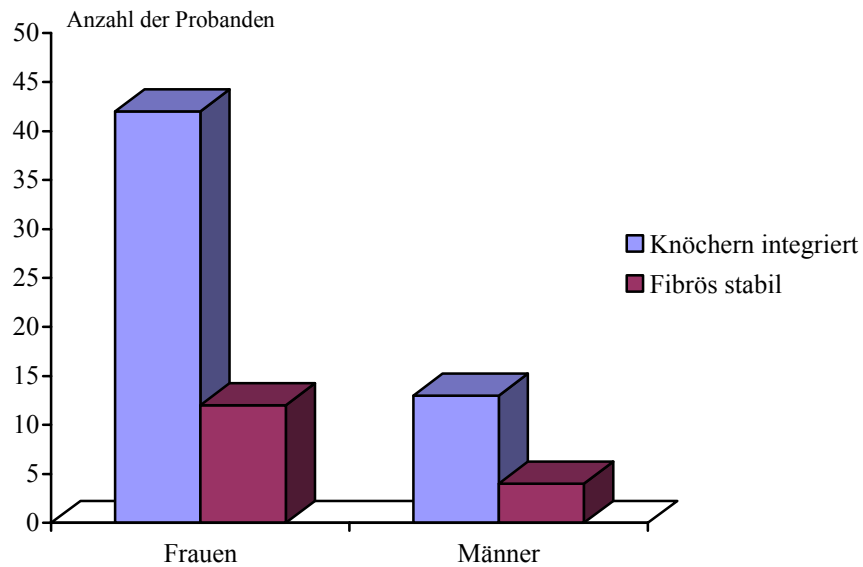


Abb. 22: Geschlechterverteilung (Anzahl) in Bezug auf den Integrationsstatus postoperativ im Gesamtkollektiv

Hieraus ergibt sich folgende prozentuale Verteilung:

59,15 Prozent (%) der Probanden mit knöchern integriertem Prothesenschaft waren Frauen und 18,31 % Männer. 16,9 % der Probanden mit fibrös stabilem Prothesenschaft waren Frauen und 5,63 % Männer.

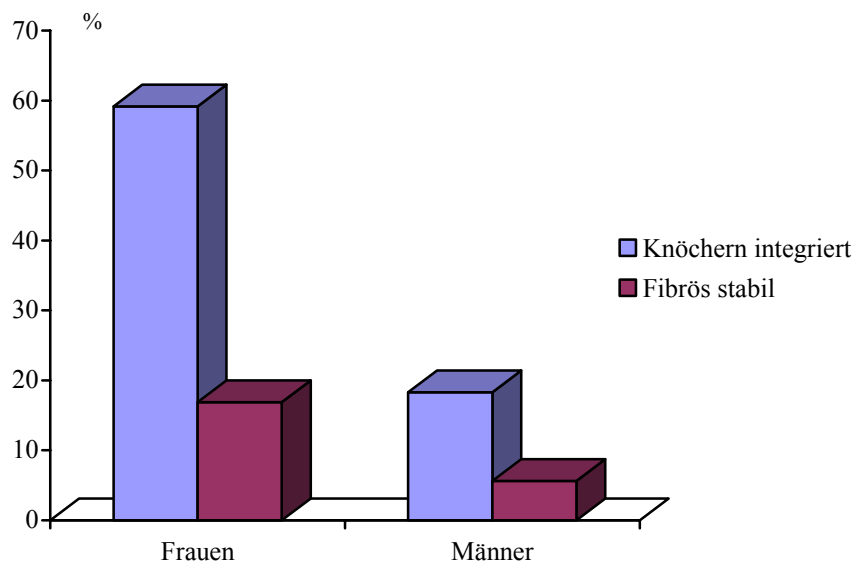


Abb. 23: Geschlechterverteilung (prozentual) in Bezug auf den Integrationsstatus postoperativ im Gesamtkollektiv

In Bezug auf den Beobachtungszeitraum verteilten sich die Häufigkeiten wie folgt:

Knöchern integrierte Prothesenschäfte zeigten sich bei je einem Proband nach drei Monaten, sieben, acht und elf Jahren. Bei je zwei Probanden nach einem halben, anderthalb, dreieinhalb, vier, viereinhalb, sechseinhalb und zehn Jahren. Bei je drei Probanden nach zweieinhalb und neun Jahren, bei je vier Probanden nach drei und fünfeinhalb Jahren, bei fünf Probanden nach sechs Jahren und bei je sechs Probanden nach einem, zwei und fünf Jahren.

Fibrös stabile Prothesenschäfte zeigten sich bei je einem Proband nach dreieinhalb, fünf und sechs Jahren, bei zwei Probanden nach zwei Jahren, bei vier Probanden nach viereinhalb Jahren und bei sieben Probanden nach einem Jahr.

Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung.

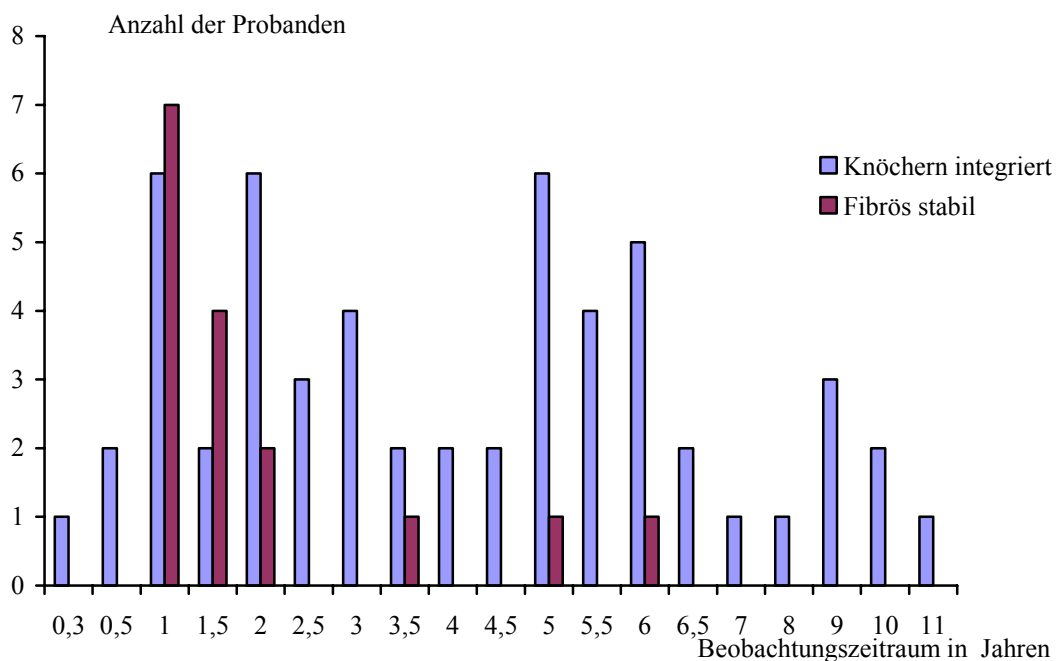


Abb. 24: Anzahl der Probanden in Bezug auf den Beobachtungszeitraum in Jahren und den Integrationsstatus postoperativ im Gesamtkollektiv

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass im vorliegenden Kollektiv die Qualität der Prothesenintegration unabhängig von Alter oder Geschlecht erfolgte. Eine Befundverbesserung in Abhängigkeit von der Länge des Beobachtungszeitraumes lag nicht vor, ebenso keine signifikante Verbesserung in Abhängigkeit vom Alter zum Zeitpunkt der Operation. Das heißt, auch bei jüngeren Probanden fanden sich keine Unterschiede im Vergleich zu den älteren.

3.1.2 Schmerz und Funktion

Der Mittelwert des Harris Hip Score lag im gesamten Kollektiv präoperativ zum ersten Messzeitpunkt bei 13,08 ($s = 13,50$) Punkten und stieg zum Zeitpunkt der zweiten Messung postoperativ auf 84,08 ($s = 13,39$) Punkte an und zeigte damit einen signifikanten Anstieg (F-Test (F) 1113.59, Freiheitsgrade (df) 1/70, $p < .001$). Präoperativ lagen die Werte zwischen 0 (min) und 47 (max) Punkten, postoperativ zwischen 44 (min) und 100 (max) Punkten.

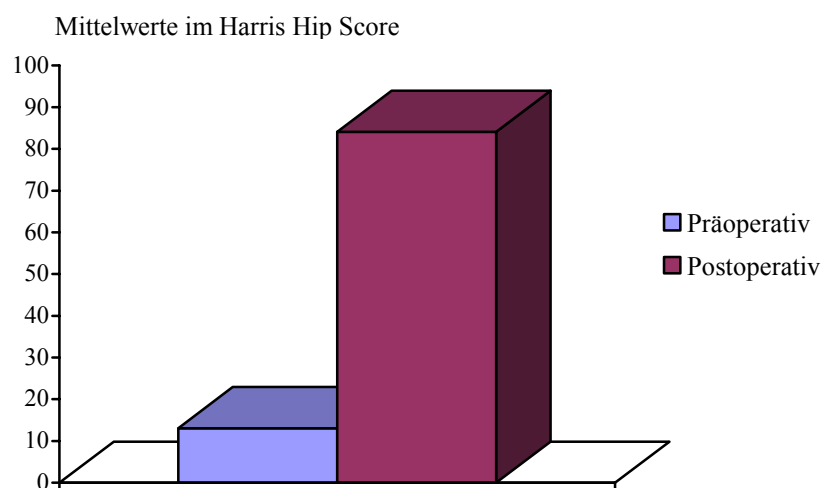


Abb. 25: Mittelwerte im Harris Hip Score prä- und postoperativ im Gesamtkollektiv

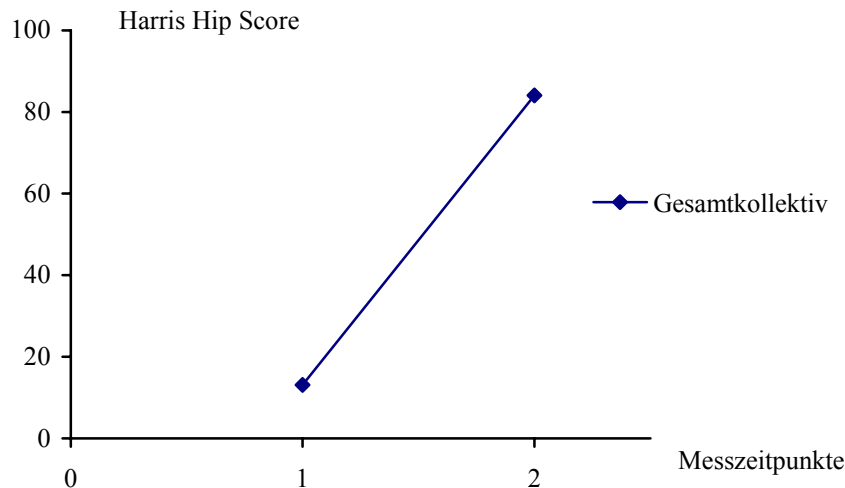


Abb. 26: Anstieg des Mittelwertes im Harris Hip Score prä- und postoperativ im Gesamtkollektiv

Betrachtet man die Parameter Schmerz und Funktion im Gesamtkollektiv getrennt voneinander, war eine Steigerung des Mittelwertes für Schmerz von 4,79 ($s = 6,06$) auf 40,03 ($s = 6,31$) Punkte und für Funktion von 6,99 ($s = 7,57$) auf 35,65 ($s = 7,06$) Punkte zu verzeichnen. Die Steigerung des Mittelwertes für den Parameter Schmerz lag etwas höher als die Steigerung für den Parameter Funktion.

Für beide Parameter war die Steigerung des Punktwertes von prä- zu postoperativ signifikant (Schmerz: $F 1302.37$, $df 1/70$, $p < .001$; Funktion: $F 631.06$, $df 1/70$, $p < .001$).

Das Minimum für Schmerz lag präoperativ bei 0, das Maximum bei 20 Punkten. Postoperativ stieg die Punktzahl von Minimum 20 auf Maximum 44 Punkte. Der Punktwert für Funktion lag präoperativ zwischen 0 (min) und 27 (max) Punkten und postoperativ zwischen 14 (min) und 46 (max) Punkten.

Die nachfolgenden Abbildungen fassen die Ergebnisse der Mittelwerte im Harris Hip Score geordnet nach den Parametern Schmerz und Funktion graphisch zusammen.

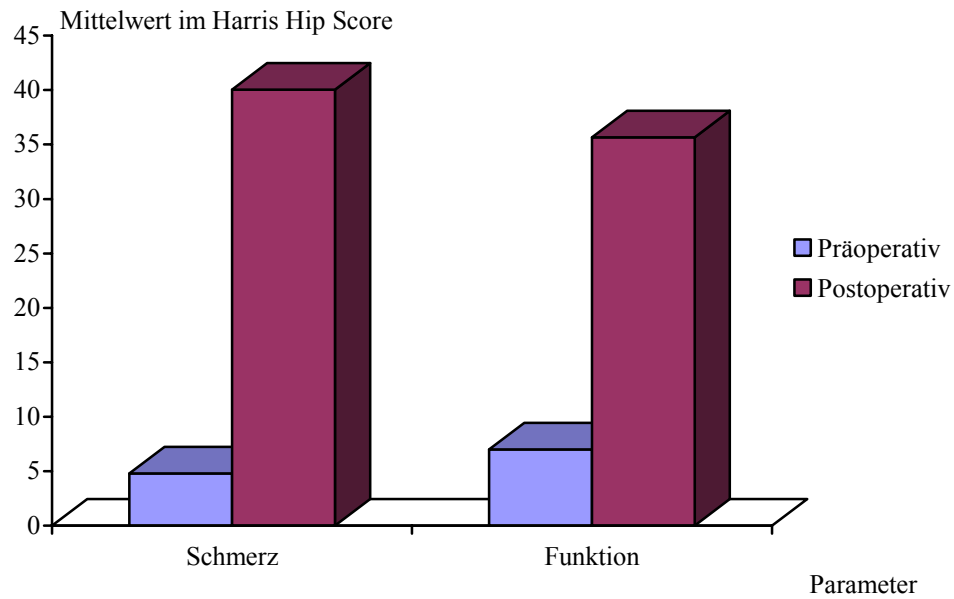


Abb. 27: Mittelwerte im Harris Hip Score prä- und postoperativ in Bezug auf die Parameter Schmerz und Funktion im Gesamtkollektiv

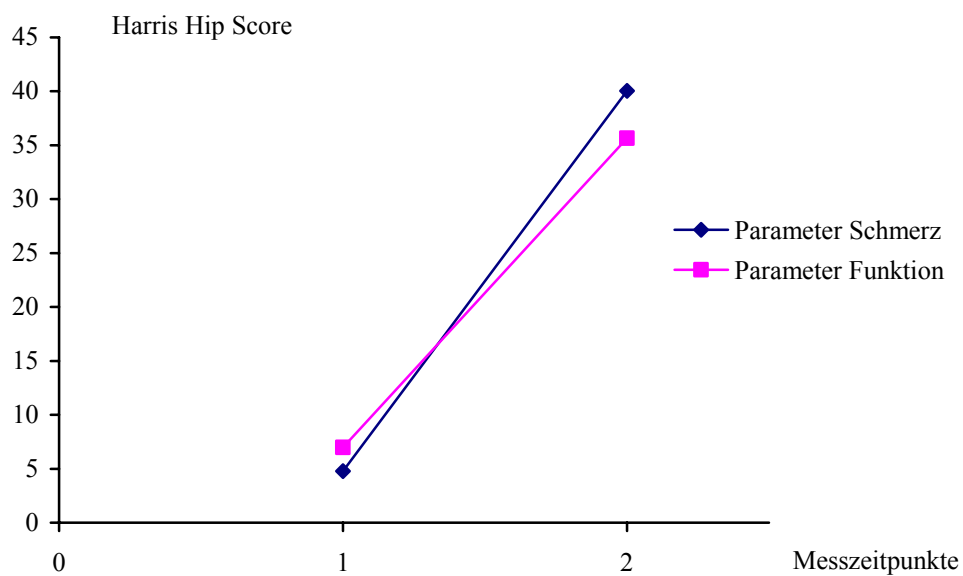


Abb. 28: Anstieg der Mittelwerte im Harris Hip Score prä- und postoperativ in Bezug auf die Parameter Schmerz und Funktion im Gesamtkollektiv

3.1.3 *Langzeitverhalten der Strut Grafts*

Im Gesamtkollektiv heilten in 70 von 71 Fällen die Strut Grafts fest ein. In einem Fall lag ein Bruch des Strut Grafts vor. Hieraus ergibt sich eine Einheilungsrate der Strut Grafts von 98,59 %. Das radiologisch sichtbare Verhalten der Strut Grafts zeigte in der vorliegenden Studie eine typische zeitliche Abfolge.

Das Stadium des Round Of fand sich bei je einem Proband nach drei und sechs Monaten und anderthalb Jahren, bei sechs Probanden nach einem Jahr. Bei einem Probanden fand sich das Stadium des Scalloping nach einem Jahr. Nach sechs Monaten, drei, dreieinhalb und sechs Jahren zeigte sich das Stadium des Partial Bridging bei je einem Proband, bei zwei Probanden nach zwei Jahren, bei vier Probanden nach anderthalb Jahren und bei sechs Probanden nach einem Jahr. Das Stadium des Complete Bridging war bei je einem Proband nach anderthalb, sieben und elf Jahren, bei je zwei Probanden nach dreieinhalb, vier, viereinhalb, neun und zehn Jahren, bei je drei Probanden nach zweieinhalb, drei und fünfeinhalb Jahren, bei vier Probanden nach sechs und bei sechs Probanden nach fünf Jahren zu erkennen. Im Stadium der Cancellization befanden sich die Strut Grafts von je einem Probanden nach fünf, fünfeinhalb, sechs, acht und neun Jahren, bei zwei Probanden nach sechseinhalb Jahren.

Die nachfolgende Graphik gibt einen Überblick über die Verteilungen der Stadien nach Emerson im Gesamtkollektiv.

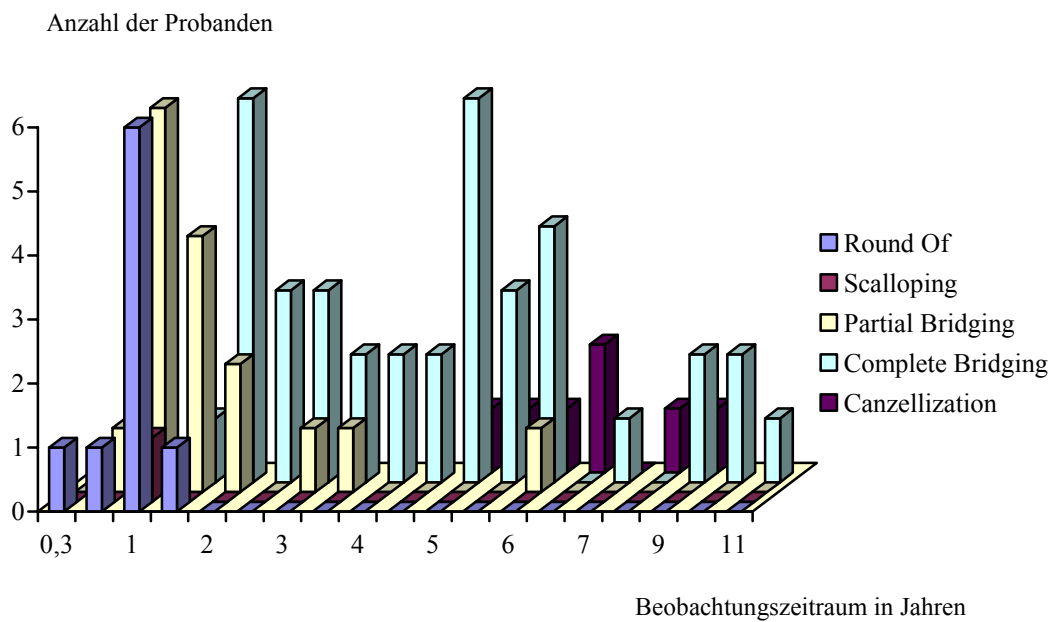


Abb. 29: Einheilungsstadien der Strut Grafts in Bezug auf die Anzahl der Probanden und den durchschnittlichen Beobachtungszeitraum in Jahren im Gesamtkollektiv

Die Verteilung der Stadien nach Emerson in Bezug auf den Beobachtungszeitraum war im vorliegenden Kollektiv signifikant ($F\ 14.48$, $df\ 4/66$, $p < .001$), das heißt mit zunehmendem Beobachtungszeitraum zeigte sich eine typische Abfolge der Einheilungsstadien im Gesamtkollektiv (vgl. Abb. 29).

Sieben Fälle wiesen im Röntgenbild eine vollständige Resorption der Strut Grafts auf. Es resultierte eine Resorptionsrate von 9,9 %. Das Stadium der Cancellization wird in Abbildung 30 isoliert in der Häufigkeit des Auftretens in Bezug auf alle vorliegenden Beobachtungszeiträume im Gesamtkollektiv betrachtet.

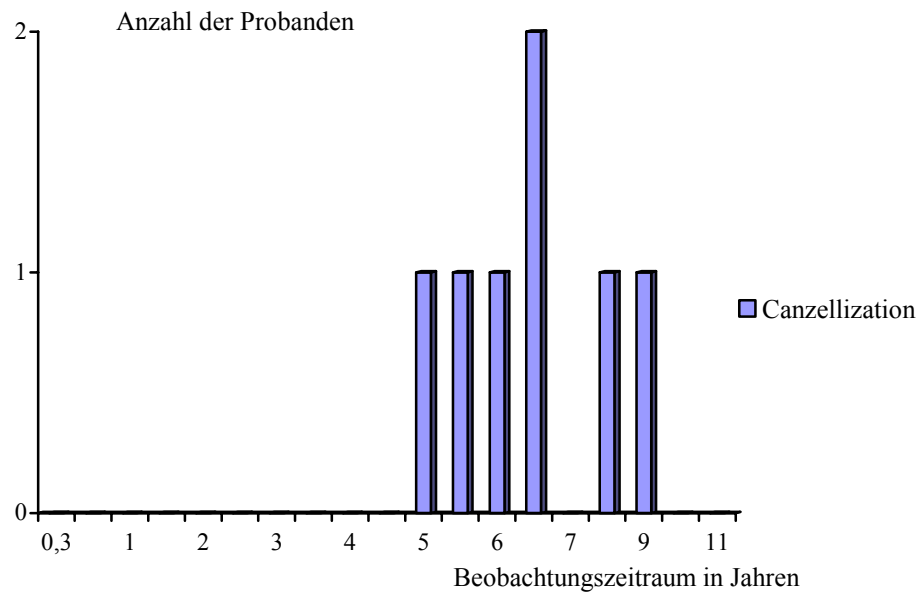


Abb. 30: Anzahl der Probanden im Stadium der Cancellization in Bezug auf den Beobachtungszeitraum in Jahren im Gesamtkollektiv

Das Stadium der Cancellization wird in der vorliegenden Stichprobe erst nach einem Beobachtungszeitraum von fünf Jahren erreicht, tritt dann aber nicht in allen Fällen auf. Das Stadium des Complete Bridging konnte bei den verbleibenden Probanden ab einem Beobachtungszeitraum von sechseinhalb Jahren beobachtet werden.

Signifikante Unterschiede bezüglich Alter und Geschlecht lagen nicht vor.

3.2 Gruppierung Eins

3.2.1 Knöcherne Integration

In der Frakturgruppe zeigten sich 31 knöchern integrierte und sieben fibrös stabile Prothesenschäfte. In der Augmentgruppe fanden sich 22 knöchern integrierte und sechs fibrös stabile Prothesenschäfte, in der Inlaygruppe zwei knöchern integrierte und drei fibrös stabile Prothesenschäfte.

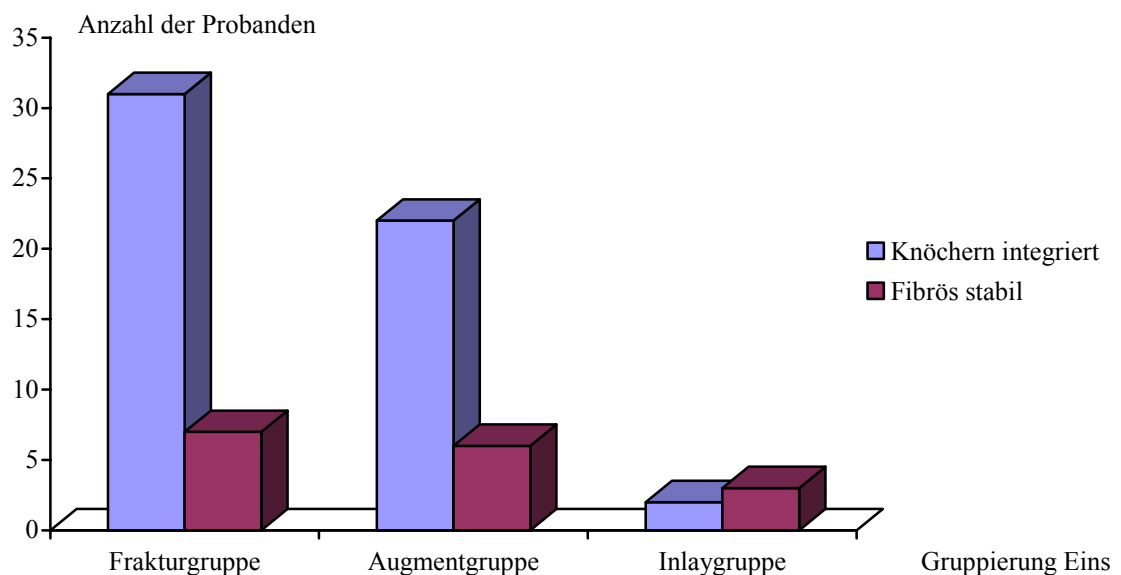


Abb. 31: Anzahl der Probanden in Bezug auf den Integrationsstatus in den Untergruppen der Gruppierung Eins

Hieraus ergibt sich folgende prozentuale Verteilung: In der Frakturgruppe waren 81,6 % der Prothesenschäfte knöchern integriert und 18,4 % fibrös stabil. Die Augmentgruppe wies 78,6 % knöchern integrierte und 21,4 % fibrös stabile Prothesenschäfte, die Inlaygruppe 40 % knöchern integrierte und 60 % fibrös stabile Prothesenschäfte auf.

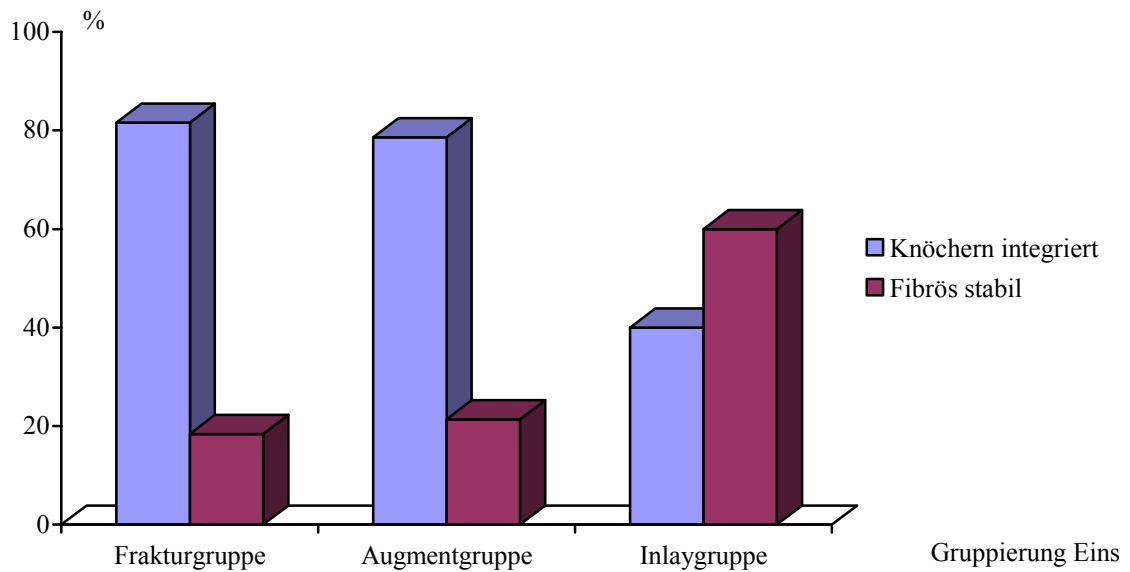


Abb. 32: Prozentualer Anteil der Probanden in Bezug auf den Integrationsstatus in den Untergruppen der Gruppierung Eins

Der prozentuale Anteil an knöchern integrierten Prothesenschäften war in der Frakturgruppe nur unwesentlich höher als in der Augmentgruppe. Die Unterschiede waren nicht signifikant. In 16 Fällen blieb in der vorliegenden Stichprobe die knöcherne Integration des Prothesenschaftes aus. Zwar waren die Schäfte fibrös stabil integriert und die Probanden beschwerdefrei, sichere Zeichen einer knöchernen Integration fehlten jedoch.

Signifikante Unterschiede bezüglich Alter und Geschlecht konnten nicht festgestellt werden. Daher wird im Folgenden untersucht, in welchen Gruppen sich die fibrös stabilen Prothesenschäfte befanden und ob sich Häufungen erkennen lassen.

Drei Fälle fehlender knöcherner Integration befanden sich in der Inlaygruppe, bei einer Gesamtzahl von fünf Fällen resultierte ein Anteil von 60 %. In der Frakturgruppe konnten von insgesamt 38 Probanden sieben Fälle mit fibrös stabilen Schäften gefunden werden, ein prozentualer Anteil von 18,4 %.

In der Einzelfallbetrachtung fanden sich keine ätiologischen Häufungen. In drei Fällen handelte es sich um eine traumatische periprothetische Fraktur, in zwei Fällen um eine Insuffizienzfraktur bei vorbestehenden knöchernen Defektzonen, in einem Fall um eine Femurosteotomie und in einem Fall um eine Pseudarthrose nach Versagen einer alternativen Frakturversorgung.

Die Klassifikation nach Duncan und Masri identifizierte zwei Frakturen Typ B1, eine Fraktur Typ B2, drei Frakturen Typ B3 und eine Fraktur Typ C. Auch hier fanden sich keine augenfälligen Häufungen eines bestimmten Frakturtyps. Die Augmentgruppe wies bei insgesamt 28 Probanden sechs Fälle fehlender knöcherner Integration auf. Der prozentuale Anteil betrug 21,4 %. Die Klassifikation nach Paprosky identifizierte in dieser Gruppe ausschließlich Typ 3 Defekte. Hier fand sich jedoch keine Signifikanz.

3.2.2 Schmerz und Funktion

Die detaillierte Betrachtung der Mittelwerte im Harris Hip Score in der Gruppierung Eins zeigte verschiedene Häufungen in den einzelnen Untergruppen.

In der Frakturgruppe stieg der Mittelwert des Gesamtscores präoperativ von 6,26 ($s = 11,47$), (min 0, max 37) auf postoperativ 84,52 ($s = 12,79$), (min 51, max 100) Punkte. Die Steigerung des Mittelwertes war in der Augmentgruppe deutlich geringer. Präoperativ lag der Mittelwert mit 21,43 ($s = 10,98$), (min 3, max 47) Punkten höher als in der Frakturgruppe und stieg postoperativ auf 85,67 ($s = 12,47$), (min 56, max 100) Punkte und somit auf eine vergleichbare Höhe mit der Augmentgruppe an. In der Inlaygruppe stieg der Mittelwert von 18,22 ($s = 13,91$), (min 3, max 34) auf 71,77 ($s = 19,09$), (min 44, max 90) Punkte und war damit nicht ganz so deutlich in der Verbesserung wie die Fraktur- und Augmentgruppe.

Die nachfolgende Abbildung gibt eine Übersicht über die erreichten Mittelwerte im Harris Hip Score in den Untergruppen der Gruppierung Eins.

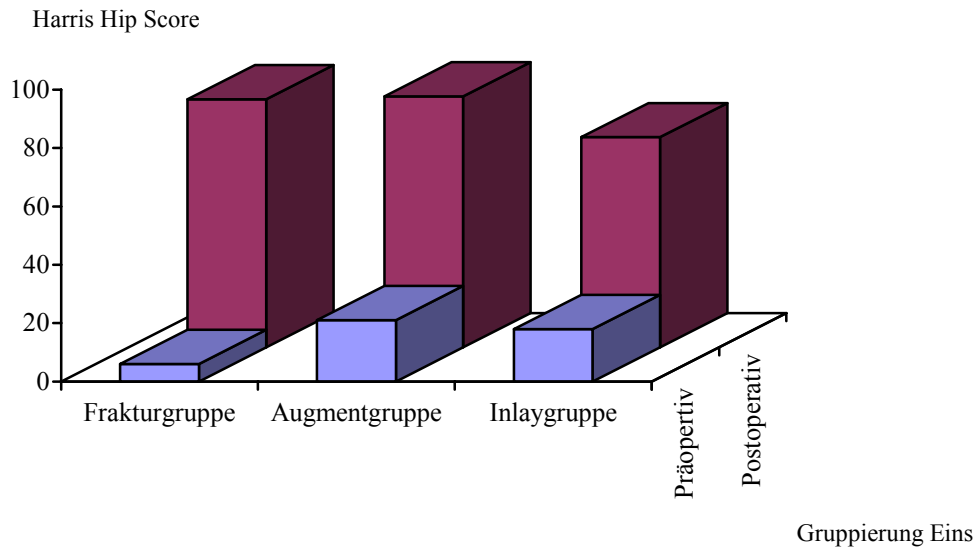


Abb. 33: Mittelwerte im Harris Hip Score prä- und postoperativ in Bezug auf die Untergruppen der Gruppierung Eins

Die Änderungen der Mittelwerte in den Untergruppen der Gruppierung Eins zeigen sich im Punktdiagramm noch deutlicher.

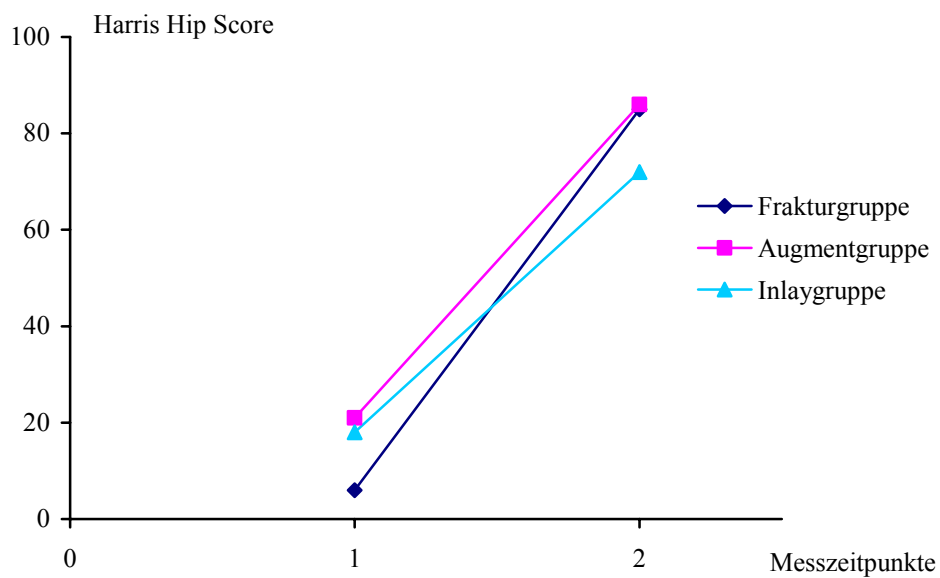


Abb. 34: Mittelwerte im Harris Hip Score prä- und postoperativ in Bezug auf die Untergruppen der Gruppierung Eins

Zusammenfassend fand sich in der Frakturgruppe eine Steigerung des (gerundeten) Mittelwertes von prä- zu postoperativ um 79 Punkte, in der Augmentgruppe um 64 Punkte und in der Inlaygruppe um 54 Punkte. Die Frakturgruppe hatte ein signifikant besseres Ergebnis im Gesamt Harris Hip Score als die Augmentgruppe (F 12.10, df 1/64, $p = .001$). Das heißt die Zunahme der erreichten Mittelwerte prä- und postoperativ war in der Frakturgruppe signifikant höher als in der Augmentgruppe.

Die signifikante Verbesserung galt nicht nur für den Gesamtwert des Harris Hip Score, sondern auch für die beiden Einzelparameter Schmerz (F 6.90, df 1/64, $p = .011$) und Funktion (F 12.88, df 1/64, $p = .001$).

3.2.3 Frakturheilung

In der Frakturgruppe heilten 37 von 38 Frakturen aus. Hieraus ergab sich eine Union Rate von 97,3 % und eine Non Union Rate von 2,7 %.

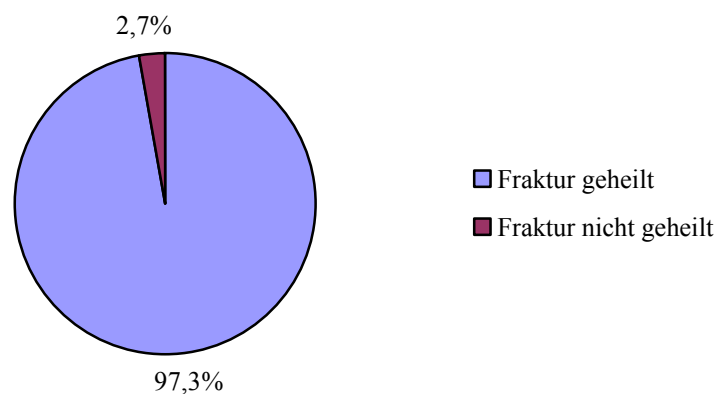


Abb. 35: Prozentuale Verteilung der Frakturheilung in der Gruppierung Eins

Die Probandin mit fehlender Frakturheilung erlitt im Alter von 72 Jahren eine periprothetische Fraktur vom Typ Vancouver B1, definiert als Fraktur auf Höhe des Schaftes mit festem Prothesensitz und fällt somit in die Frakturgruppe der Gruppierung Eins, sowie in die Schaftgruppe der Gruppierung Zwei. Es wurde eine Strut Graft Osteosynthese antero-medial und antero-lateral durchgeführt. Der fest sitzende Prothesenschaft wurde belassen. Postoperativ kam es im zeitlichen Verlauf zu fehlender Frakturheilung und später Bruch des antero-lateralen Strut Graft. Nach neun Monaten postoperativ führten wir die Revision mit Wechsel des Prothesenschaftes in einen überlangen Revisionsschaft und erneuter Strut Graft Anlage lateral durch. Ergänzt wurde die Operation durch eine autologe Spongiosaplastik im Frakturspalt. Im weiteren Verlauf heilte die Fraktur vollständig und zeitgerecht aus, der Prothesenschaft integrierte knöchern (vgl. Kapitel Fallbeispiele).

3.3 Gruppierung Zwei

3.3.1 Knöcherne Integration

In der Gruppierung Zwei sah die Häufigkeitsverteilung im Gruppenvergleich wie folgt aus: In der Gruppe ohne Prothesenschaftwechsel, der Schaftgruppe waren 19 Prothesenschäfte knöchern integriert und drei fibrös stabil.

Die Implantatgruppe wies 34 knöchern integrierte und 10 fibrös stabile Prothesenschäfte auf. Die Verteilung in der Inlaygruppe blieb definitionsgemäß gleich.

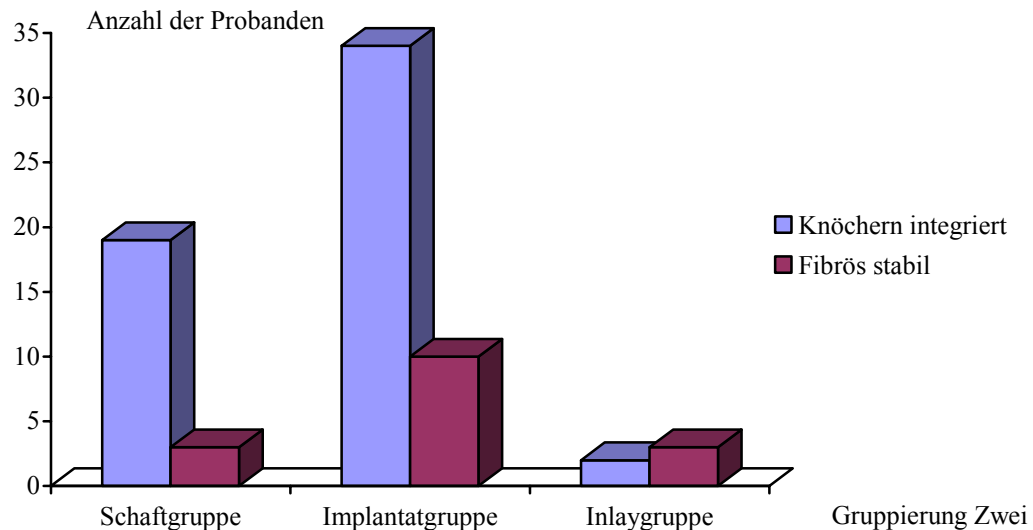


Abb. 36: Anzahl der Probanden in Bezug auf den Integrationsstatus in den Untergruppen der Gruppierung Zwei

Hieraus ergab sich folgende prozentuale Verteilung:

In der Schaftgruppe fanden sich 86,4 % knöchern integrierte und 13,6 % fibrös stabile Prothesenschäfte. Die Implantatgruppe wies 77,3 % knöchern integrierte und 22,7 % fibrös stabile Prothesenschäfte auf. Die Verteilung in der Inlaygruppe blieb mit 40 % knöchern integrierten und 60 % fibrös stabilen Prothesenschäften gleich.

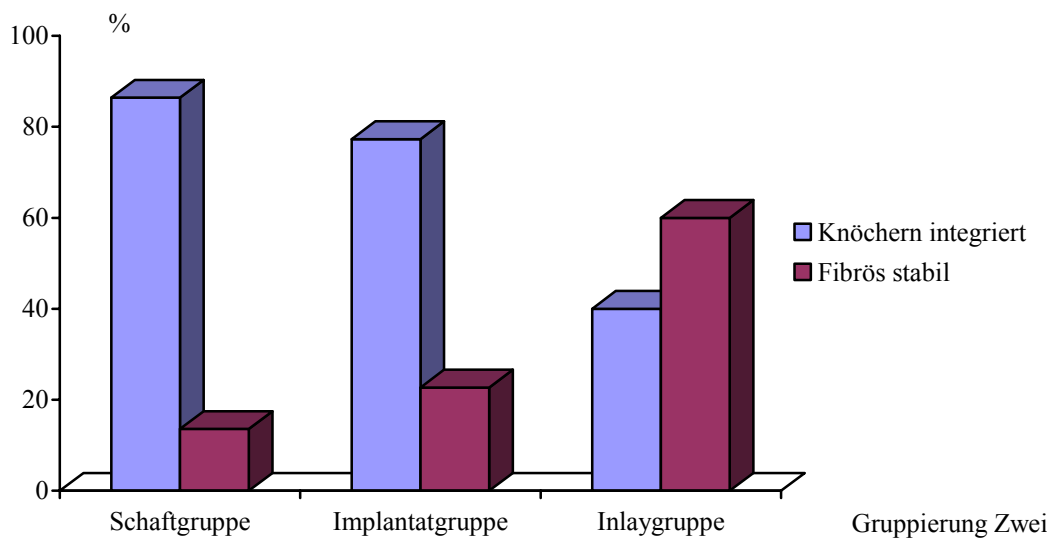


Abb. 37: Prozentualer Anteil der Probanden in Bezug auf den Integrationsstatus in den Untergruppen der Gruppierung Zwei

In der Gruppierung Zwei fand sich der höchste Anteil an knöchern integrierten Prothesenschäften in der Schaftgruppe, der Gruppe ohne Schaftwechsel bei Vorliegen einer periprothetischen Fraktur mit stabilem Prothesensitz. Den niedrigsten Anteil wies wiederum die Inlaygruppe auf.

Zwischen der Schaft- und Implantatgruppe zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf den Integrationsstatus ($F .752$, $df 1/64$, $p = .389$).

3.3.2 Schmerz und Funktion

Die detaillierte Betrachtung der Mittelwerte im Harris Hip Score in der Gruppierung Zwei zeigte verschiedene Häufungen in den einzelnen Untergruppen.

In der Implantatgruppe stieg der Mittelwert präoperativ von 14,24 ($s = 13,30$), (min 0, max 47) auf postoperativ 83,68 ($s = 13,02$) Punkte (min 51, max 100). In der Schaftgruppe lag der präoperative Mittelwert mit 9,59 ($s = 13,66$) Punkten (min 0, max 37) niedriger und erreichte postoperativ einen Mittelwert von 87,67 ($s = 11,43$), (min 63, max 100). Dies war der höchste erreichte Mittelwert im Gesamtkollektiv. Die Punktverteilung in der Inlaygruppe blieb definitionsgemäß gleich.

Die Mittelwerte prä- und postoperativ in der Gruppierung Zwei werden in der folgenden Abbildung, nach Untergruppen geordnet, graphisch dargestellt.

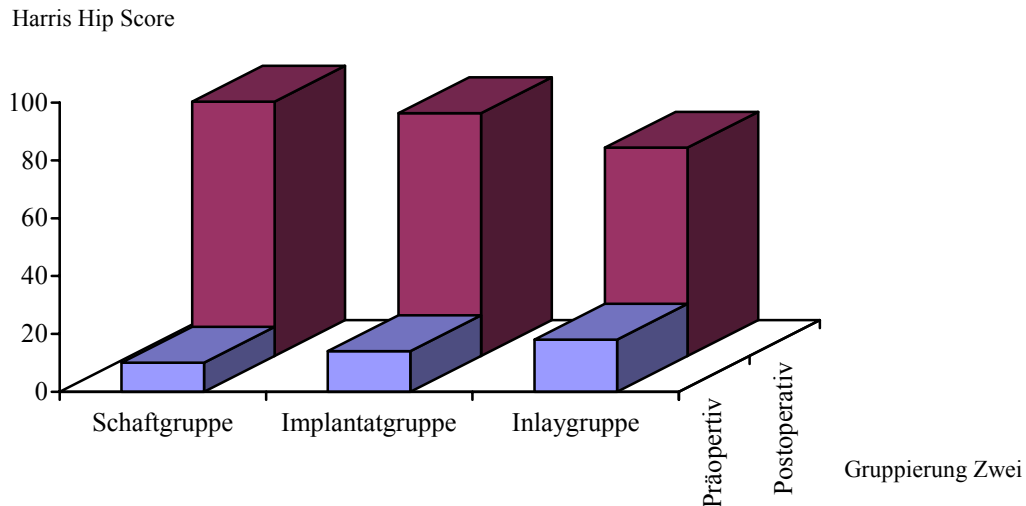


Abb. 38: Mittelwerte im Harris Hip Score prä- und postoperativ in Bezug auf die Untergruppen in der Gruppierung Zwei

Zusammenfassend zeigte sich eine Steigerung des (gerundeten) Mittelwertes in der Implantatgruppe von 70 Punkten, in der Schaftgruppe von 78 und in der Inlaygruppe von 54 Punkten. Die Schaftgruppe wies ein etwas besseres Ergebnis als die Implantat- und Inlaygruppe auf, dieses Ergebnis war jedoch nicht signifikant ($F .017$, $df 1/64$, $p = .898$).

3.4 Komplikationen

Im Rahmen der vorliegenden Studie traten in 12,6 % der Fälle allgemeine postoperative Komplikationen auf.

Unmittelbar postoperativ ereignete sich bei einer Probandin eine vordere Hüft TEP Luxation, die geschlossen reponiert wurde und folgenlos ausheilte. Zwei oberflächliche Wundinfekte konnten neben einer mehrwöchigen, systemischen Antibiotikagabe durch eine einmalige chirurgische Weichteilrevision beherrscht werden. In einem Fall musste aufgrund einer Nachblutung ein nicht infiziertes Hämatom postoperativ ausgeräumt werden, auch diese Komplikation blieb ohne weitere Folgen. Zudem zeigte sich eine tiefe Beinvenenthrombose mit zusätzlicher Lungenembolie. Die Erkrankung heilte im Weiteren folgenlos aus. Ein Proband erlitt aufgrund einer Massentransfusion bei intraoperativ aufgetretener Blutung ein ARDS (Acute Respiratory Distress Syndrome). Nach zunächst mehrtägiger intensivmedizinischer Betreuung konnte dieser Proband, zeitlich um mehrere Wochen verzögert, seine Anschlussheilbehandlung antreten.

Zwei Jahre postoperativ fand sich bei einer Probandin ein hämatogener periprothetischer Spätinfekt, der zum Wechsel der Prothese führte.

4 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit konnte bei einem Kollektiv von $N = 71$ eine Einheilungsrate der Strut Grafts von 98,6 % beobachtet werden. Die hier erstmals vorgestellten Langzeitergebnisse mit einem Beobachtungszeitraum von bis zu elf Jahren ergaben eine Resorptionsrate der Strut Grafts von 9,9 %, die nicht resorbierten Strut Grafts folgten dem körpereigenen Knochenumbau.

Mit Ausnahme einer Probandin heilten alle Frakturen mit nachfolgend stabilem Prothesenschaft aus, die Augmentation periprothetischer knöcherner Defekte mit stabiler Prothesenintegration gelang in 100 % der Fälle.

Eine signifikante Verbesserung von Schmerz und Funktion konnte ebenfalls in allen Fällen beobachtet werden.

4.1 Ergebnisdiskussion im Kontext mit der Historie der Strut Graft Osteosynthese

Das Verfahren der Strut Graft Osteosynthese und deren Wirkweise wurde von Malinin et al. im Tierversuch erforscht und detailliert dokumentiert (Malinin, 1984). Die Arbeitsgruppe führte Strut Graft Osteosynthesen aus tiefgefrorenem Knochen in Onlay Technik an Radiusfrakturen von Hunden durch. Inspiriert wurde die Arbeitsgruppe von Kreutz, der bereits 1951 versuchte, die Frakturheilung an Röhrenknochen durch unfixierte Strut Grafts in Inlay-Technik zu verbessern (Kreutz, 1951).

Ebenfalls von Kreutz angeregt, behandelte Gresham 80 Patienten mit Unterarmfrakturen oder bestehenden Pseudarthrosen mittels Strut Grafts aus tiefgefrorenem Femurknochen, die er mit Schrauben befestigte (Gresham, 1964). Auf diese Weise heilten 68 von 80 Frakturen bzw. Pseudarthrosen aus. Radiologisch vermerkte Gresham die sukzessive Inkorporation der Grafts mit nachfolgender Heilung der Fraktur. In zwei Fällen gewann Gresham ein histologisches Präparat zur Auswertung. Er fand in beiden Fällen einen Umbau des Grafts in spongiösen Knochen und Resorptionszonen im Randbereich.

Die histologischen Daten von Malinin et al. sind sehr viel umfangreicher (Malinin, 1984). Die Arbeitsgruppe verglich Strut Graft Osteosynthesen an 16 Hunden mit der konventionellen Plattenosteosynthese an zehn Hunden mit gleicher Fraktur. Zwei, vier, acht und zwölf Wochen postoperativ wurden histologische, radiologische und mechanische Tests durchgeführt.

In der Gruppe der Plattenosteosynthesen fanden Malinin et al. histologisch nach vier Wochen Gefäßeinsprossungen, nach acht und zwölf Wochen wenig endostalen Kallus mit geringer zellulärer Aktivität, sowie eine Knochenatrophie im Plattenlager. Die Gruppe der Strut Graft Osteosynthesen wies histologisch bereits nach zwei Wochen medullären und peripheren Kallus auf. Nach vier Wochen zeigte sich eine große kallöse Formation, die nach acht Wochen Zeichen des Remodellings aufwies und nach zwölf Wochen ossifiziert war. Das dazugehörige Strut Graft war nach vier Wochen histologisch revascularisiert und haftete der radialen Kortikalis fest an. In der Grenzschicht zeigten sich bindegewebige Strukturen. Vom Bindegewebe ausgehend formierten sich Sinuide in das Graft, die confluieren und sich mit kallusartiger Substanz auffüllten. Daneben fanden Resorptionsvorgänge des Grafts vor allem im Randbereich statt. Nach acht Wochen war das Graft in eine kallöse Struktur mit ausgeprägter osteogener Aktivität in und um das Graft herum umgewandelt. Zelluläre Abwehrreaktionen wurden nicht gefunden.

In der Gesamtsicht heilten die Frakturen bei Strut Graft Osteosynthesen schneller und in der mechanischen Prüfung stabiler als bei der konventionellen Plattenosteosynthese. Das Strut Graft führte nicht nur indirekt durch externe Stabilisierung, sondern auch direkt über Revascularisierung, Remodelling und Resorption mit schleichendem Knochenanbau zu verbesserter Frakturheilung. Die geringere Steifigkeit des Strut Graft führte zu geringerem Stress Shielding als die konventionelle Platte. Malinin konnte mit seiner Studie zeigen, dass der zunächst tief gefrorene, tote Knochen im Kontakt mit dem Hundeknochen in allen Fällen vollständig revitalisierte und inkorporierte.

In der Folge führten Emerson et al. eine Untersuchungsreihe von Strut Graft Osteosynthesen am Tiermodell durch (Emerson, 1992). Sie versorgten 36 Radiusfrakturen an Hunden mit gefriergetrockneten Strut Grafts. Nach zwei, vier, acht, zwölf und 24 Wochen wurden die Hunde getötet und der betroffene Radius röntgenologisch, mechanisch und histologisch untersucht. Die Gegenseite diente jeweils als Referenz.

Nach zwei und vier Wochen zeigten sich radiologisch keine Veränderungen, histologisch fanden sich erste Brückenbildungen über Bindegewebsstrukturen in der Grenzschicht zwischen Radius und Graft. In der mechanischen Prüfung wurden 20 % der Stabilität im Vergleich zur Gegenseite erreicht.

Die ausgeprägtesten Veränderungen stellte die Arbeitsgruppe nach acht Wochen fest. Die Strut Grafts waren fest mit der Oberfläche des Radius verwachsen, histologisch fand sich eine Transformation des Graft in eine kallusähnliche Struktur mit Knochenneubildung im Interface und Revascularisierung des Graft sowie Resorption im Randbereich. Radiologisch nahm das Graft an Dichte ab und rundete sich im Randbereich ab. In der mechanischen Prüfung wurden 60-80 % an Stabilität im Vergleich zur Gegenseite erreicht. Nach zwölf Wochen fand Emerson radiologisch eine vollständige knöcherne Überbrückung des Interface mit histologisch sichtbarer Umwandlung des Grafts in spongiösen Knochen.

In der mechanischen Prüfung waren beide Seiten gleichwertig stabil. Nach 24 Wochen war das Graft radiologisch noch erkennbar, histologisch fanden sich noch vereinzelte spongiöse und bindegewebige Anteile. Im Wesentlichen war das Graft jedoch in korticalen vitalen Knochen transformiert. 22 % der Strut Grafts waren zu diesem Zeitpunkt vollständig resorbiert.

Diese Untersuchungsreihe bestätigte und ergänzte die bis dahin bekannten Ergebnisse über das biologische Verhalten der Strut Grafts. Über den im Vergleich längeren Beobachtungszeitraum konnte darüber hinaus die Annahme von Malinin über die vollständige Revitalisierung der Grafts bestätigt werden. Emerson konnte zudem aufzeigen, dass die Grafts im weiteren Spontanverlauf in korticalen Knochen umgebaut wurden.

Die Ergebnisse und Erfahrungen von Emerson über das radiologisch sichtbare Verhalten der Strut Grafts konnten in der hier vorgelegten Arbeit bestätigt werden. Darüber hinaus wurde gezeigt, dass mit weiter zunehmendem Beobachtungszeitraum die Strut Grafts in nur 9,9 % der Fälle resorbiert wurden. Diese Zahl liegt deutlich unter der erhobenen Resorptionsrate von Emerson im Tierversuch.

In der vorliegenden Arbeit fanden sich regelhaft Resorptionen im Randbereich der Strut Graft und im Bereich der angelegten Cerclagen, überwiegend ohne vollständige Resorption der Grafts. Vielmehr zeigten sich am Strut Graft Veränderungen ähnlich der körpereigenen Kortikalis wie eine Atrophie, Verjüngung oder Verbreiterung in Abhängigkeit der Lastverteilung des einliegenden Implantates im Sinne eines Remodellings (Fitzek, 2005). Eine Schwächung oder sogar Resorption der körpereigenen Kortikalis konnte in keinem Fall beobachtet werden, so dass aufgrund unserer Ergebnisse die Strut Graft Osteosynthese auch langfristig zu keiner Schwächung des Empfängerknochens führt, sondern sich mehrheitlich den körpereigenen Knochenveränderungen anpasst.

4.2 Ergebnisdiskussion mit Studien vergleichbarer Technik

4.2.1 Strut Grafts in Onlay-Technik

Basierend auf den Ergebnissen von Malinin und Emerson wurde die Strut Graft Osteosynthese in Onlay-Technik durch verschiedene klinische Studien aufgearbeitet.

Chandler veröffentlichte als Vorreiter dieses Verfahrens eine Studie über Strut Graft Osteosynthesen bei periprothetischen Femurdefekten an zwölf Probanden mit guten Ergebnissen (Chandler, 1989). Die gleiche Arbeitsgruppe veröffentlichte 1993 die Ergebnisse von Strut Graft Osteosynthesen bei periprothetischen Femurfrakturen an 19 Probanden von 1982 bis 1990 (Chandler, 1993). 17 von 19 Frakturen heilten ohne Komplikationen aus. Die zwei Probanden mit nicht verheilten Fraktur wurden erfolgreich revidiert.

Pak und Paprosky führten von 1982 bis 1989 in 113 Fällen Strut Graft Osteosynthesen bei periprothetischen Femurdefekten und -frakturen durch (Pak, 1993). Der mittlere Beobachtungszeitraum (Follow up) lag bei 4,75 Jahren, die Rate der stabilen Prothesenschäfte mit geheilter Fraktur oder erfolgreicher Augmentation lag bei 92,9 %.

Von 1983 bis 1989 behandelten Allan et al. 69 Fälle mit Strut Graft Osteosynthesen zur Augmentation (Allan et al., 1991). Das mittlere Follow up lag bei drei Jahren, der Harris Hip Score stieg im Mittel um 36,8 Punkte. Bei einer mittleren Länge der Grafts von 2,4 cm heilten 17 % der Strut Grafts nicht vollständig ein. Es resultierte jedoch nur ein instabiler Prothesenschaft, 68 Schäfte integrierten knöchern trotz unvollständigen Einheilens der Strut Grafts. Die ungünstigen Ergebnisse der Strut Graft Einheilung in dieser Studie sind vermutlich auf die zu kurz gewählten Grafts mit in der Folge zu geringer Kontaktfläche zum Empfängerknochen zurückzuführen. In der hier vorgelegten Arbeit war der Bruch eines Strut Grafts ebenfalls Folge des zu kurz gewählten Spanes mit nicht ausreichender Kontaktfläche zum Empfängerknochen.

Im Rahmen einer Multicenter Studie gelang 1998 die Veröffentlichung von 265 Fällen mit Strut Graft Osteosynthesen zur Augmentation bei periprotetischen Femurdefekten (Head et al., 1998). Das mittlere Follow up lag bei 8,5 Jahren, die Heilungsrate der Grafts bei 99 %. Harris Hip Score stieg im Durchschnitt um 45 Punkte an. Im Follow up der gleichen Studie von 2000 verblieben noch 251 Fälle zur Bewertung (Head, 2000). Das mittlere Follow up lag nun bei 9,5 Jahren, 3 % der Fälle wurden in der Zwischenzeit revidiert aufgrund einer Schaftlockerung bei unterdimensioniertem Prothesenschaft. Die Grafts waren im Vergleich zur Voruntersuchung zu 100 % stabil. Nach Revision heilten die beschriebenen 3 % stabil aus. Aussagen über das Langzeitverhalten der Strut Grafts oder die Resorptionrate im zeitlichen Verlauf sind dieser Arbeit leider nicht zu entnehmen. Ebenso wurde kein Vergleich bezüglich der Parameter Schmerz und Funktion zwischen Frakturstabilisierung und Augmentation vorgenommen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind bezüglich der Einheilungsrate der Strut Grafts mit den großen Studien vergleichbar. Die Verbesserung von Schmerz und Funktion im Harris Hip Score liegt mit zusammen 71 Punkten deutlich höher als in vergleichbaren Veröffentlichungen. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass die Gruppe der Probanden mit Femurfrakturen im Harris Hip Score deutlich besser abschnitt als die Augmentgruppe. In der Frakturgruppe lag der präoperative Wert im Harris Hip Score deutlich niedriger als in der Augmentgruppe. Dieses Ergebnis war zu erwarten, da Frakturen üblicherweise bei einem nahezu vollständigen Funktionsverlust der betroffenen Extremität zu starken Schmerzen führen. Hingegen hatten die Probanden mit

Knochendefekten selbst mit ausgelockerten Implantaten noch Restfunktionen und Schmerzlinderung, zumindest in Ruhe, aufzuweisen. Überraschend war jedoch, dass die Frakturgruppe postoperativ deutlich bessere Werte im Vergleich zur Augmentgruppe aufwies, so dass insgesamt die Frakturgruppe im Harris Hip Score ein signifikant besseres Ergebnis erzielte als die Augmentgruppe. Durch die Strut Graft Osteosynthese konnten in der Frakturgruppe in der Mehrzahl der Fälle die Funktionen des alltäglichen Lebens vollständig und schmerzfrei wiederhergestellt werden.

Die nahezu identische Standardabweichung der Mittelwerte im Harris Hip Score prä- und postoperativ zeigt deutlich die geringere Streuung postoperativ. Das bedeutet, dass der postoperativ gemessene hohe Mittelwert nicht Folge von sehr guten Ergebnissen nur einzelner Probanden ist, sondern auf eine deutliche Verbesserung aller Probanden in der Frakturgruppe hinweist.

Studien kleinerer Fallzahlen wurden von Wong (Wong et al., 1999) und Arif (Arif, 2004) veröffentlicht. Wong et al. führten Strut Graft Osteosynthesen zur Augmentation in 15 Fällen durch, die Probanden hatten ein mittleres Follow up von fünf Jahren. In einem Fall entstand eine Non Union. Arif et al. nutzten die Strut Graft Osteosynthese zur Augmentation bei Femurdeckelung zum Ausbau eines Prothesenschaftes in neun Fällen. Nach einem mittleren Follow up von 6,1 Jahren fanden die Autoren eine Einheilungsrate der Grafts von 100 % bei stabilem Prothesenschaft.

Neuere Studien liegen von Haddad (Haddad et al., 2002) und Kim (Kim, 2004) vor. Im Rahmen einer Multicenterstudie veröffentlichte Haddad die Ergebnisse von 40 Patienten nach Strut Graft Osteosynthese bei periprothetischen Femurfrakturen. Bei 21 Patienten wurde eine ergänzende Plattenosteosynthese durchgeführt. Das mittlere Follow up lag bei 28 Monaten, 98 % der Frakturen heilten vollständig aus. Ein Einheilen der Grafts konnte in allen Fällen beobachtet werden.

Die Studien von Haddad und Chandler sind am besten vergleichbar mit den Ergebnissen der Frakturgruppe in der vorliegenden Arbeit, da beide Autoren in ihren Veröffentlichungen ausschließlich Strut Graft Osteosynthesen bei periprothetischen

Frakturen durchführten und somit eine Vermischung mit Ergebnissen von Augmentationen ausgeschlossen werden konnte.

Die Frakturheilungsrate in der vorliegenden Arbeit lag mit 97,3 % vergleichbar hoch. Die Integration des Prothesenschaftes war in allen Fällen stabil. Eine relativ ausgewogene Verteilung der vorkommenden Frakturtypen unterstreicht die Aussagekraft der Ergebnisse. Neben einfach zu versorgenden proximalen periprothetischen Frakturen lag der Anteil der Frakturen auf Höhe und distal der Prothesenspitze mit kurzen instabilen Querfrakturen oder Trümmerfrakturen bei 60,5 %, so dass auch die schwierig zu versorgenden Frakturen durch sehr gute Ergebnisse auffielen. Die Strut Graft Osteosynthese führte im vorliegenden Kollektiv in allen Fällen zu stabiler Prothesenintegration und mit einer Ausnahme in allen Fällen zur Frakturheilung.

Das Versagen der Strut Grafts in einem Fall mit nachfolgend fehlender Frakturheilung war retrospektiv am ehesten auf das zu kurz gewählte Strut Graft anterolateral mit nicht ausreichender Kontaktfläche zum Empfängerknochen zurückzuführen (siehe oben). Zudem muss im gleichen Fall die präoperative Bewertung des Implantates als knöchern integriert in Frage gestellt werden, da sich bereits unmittelbar postoperativ deutliche radiologische Lockerungszeichen zeigten, die sicherlich auf einen Stabilitätsverlust des Prothesenschaftes, bereits posttraumatisch, hinwiesen. Womit präoperativ wahrscheinlich eine Fehleinschätzung hinsichtlich der knöchernen Integration des Prothesenschaftes vorlag und somit die Indikation zum Prothesenwechsel bestanden hätte. In der Revision mit Wechsel des Prothesenschaftes und Anlage eines längeren Strut Graft integrierte der Schaft knöchern und die Fraktur heilte zeitgerecht aus.

Kim augmentierte in 36 Fällen periprothetische Femurdefekte vom Typ zwei und drei nach Paprosky (Paprosky, 1990). Zudem legte er zum Ausbau des gelockerten Prothesenschaftes und des periprothetischen Zementmantels ein femorales Fenster von ca. zwei cm ausgehend vom Trochanter bis auf Höhe der Prothesenspitze an. Die Augmentation mittels Strut Graft erfolgte anterolateral und -dorsal mit Überbrücken der Femurdefekte und des femoralen Fensters. Der mittlere Beobachtungszeitraum lag bei 6,5 Jahren. Der Harris Hip Score stieg im Mittel um 45 Punkte, alle Strut Grafts inkorporierten vollständig, eine vollständige Resorption der Strut Grafts konnte er in keinem Fall finden. In 8,5 % der Fälle zeigte sich im Verlauf eine Dislokation des Prothesenschaftes als Hinweis für eine fehlende knöcherne Integration mit nachfolgend notwendiger Revision.

Die Augmentation periprothetischer Knochendefekte mit nachfolgend stabiler Prothesenintegration gelang in der hier vorgelegten Arbeit ebenfalls in allen Fällen. 21,4 % der Implantate waren nur fibrös stabil verankert bei jedoch beschwerdefreien Probanden. Mit zunehmender Ausdehnung der knöchernen Defekte nahm die Anzahl der fibrös stabilen Implantate zu, allerdings ohne statistische Signifikanz. Dieses im Vergleich zur Frakturgruppe insgesamt etwas schlechtere Ergebnis ist am ehesten auf die Folgen der Partikelkrankheit in der Augmentgruppe zurückzuführen. Jedoch fanden sich auch bei langstreckigen und ausgedehnten Knochendefekten in der Mehrzahl der Fälle sichere Zeichen der knöchernen Integration. Die Verteilung der Substanzdefekte nach der Einteilung von Paprosky im Gesamtkollektiv zeigte, dass präoperativ überwiegend ausgedehnte Substanzdefekte vorlagen, die multilokulär waren und weit in den Femurschaft reichten, so dass die sehr guten Ergebnisse hinsichtlich der Prothesenintegration auch bei ausgedehnten Substanzdefekten auf die Augmentation durch Strut Grafts und nicht auf die Geringfügigkeit der Knochendefekte zurückzuführen ist.

Im Literaturüberblick fanden sich mit Ausnahme der Studie von Allan et al. durchweg gute und sehr gute Ergebnisse bezüglich Frakturheilung, Prothesenintegration und Einheilen der Strut Grafts mit Heilungsraten von 90-100 % (siehe oben). Selbst Allan et al. konnten trotz schlecht angeheilter Strut Grafts eine stabile Integration der Prothesenschäfte beobachten (98,6 %) und eine Steigerung des Mittelwertes im Gesamt Harris Hip Score um 36,8 Punkte verzeichnen.

Durch die Bildung der Gruppierung Zwei wurde in der hier vorgelegten Studie der Frage nachgegangen, ob ein ergänzender Prothesenschaftwechsel mit Überlänge und somit zusätzlicher intramedullärer Stabilisierung zu besseren Ergebnissen bezüglich Frakturheilung und Prothesenintegration führt. Im Gesamtkollektiv fanden sich tendenziell bessere Ergebnisse bezüglich der knöchernen Prothesenintegration für die Gruppe ohne Implantatwechsel, jedoch keine signifikanten Unterschiede. Das heißt, die isolierte Strut Graft Osteosynthese bei fest sitzendem kurzen Prothesenschaft schnitt im Vergleich mit der Strut Graft Osteosynthese plus intramedullärer Stabilisierung der Fraktur durch Wechsel auf einen überlangen Revisionsschaft überraschenderweise etwas besser ab.

Die Ergebnisse der Frakturheilung identifizierte die nicht verheilte Fraktur in der Schaftgruppe, wobei darauf hinzuweisen ist, dass dieses Versagen am ehesten Folge einer präoperativen Fehleinschätzung war (siehe oben). Aus den hier vorgelegten Ergebnissen konnte bei richtiger Indikation kein statistisch aussagekräftiger Benefit durch eine zusätzliche intramedulläre Stabilisierung abgeleitet werden. Ein Prothesenschaftwechsel sollte auch aufgrund der Ergebnisse dieser Studie ausschließlich bei gelockertem Implantat und unabhängig von Frakturtyp und Defektausdehnung erfolgen.

In der Altersverteilung fand sich im Gesamtkollektiv eine breite Streuung zwischen 43 und 88 Jahren, dass heißt, alle Altersstufen vom mittleren bis zum sehr hohen Alter sind durch die Probanden ziemlich gleichmäßig vertreten. Bis zum Alter von 61 Jahren fanden sich bei den Probanden ausschließlich knöchern integrierte Prothesenschaft, was zu der Annahme führen könnte, dass eine physiologisch bessere Knochensubstanz präoperativ zu besserer Prothesenintegration führt. Jedoch fanden sich bei allen Probanden, die älter als 81 Jahre sind wieder ausschließlich knöchern integrierte Implantate. Die fibrös stabilen Implantate lagen breit gestreut im mittleren Altersbereich des Gesamtkollektivs. Zusammenhänge zwischen dem Alter zum Zeitpunkt der Operation und Prothesenintegration lassen sich daher aus den vorliegenden Ergebnissen nicht ableiten. Zudem zeigt sich auch bei der Frakturheilung, der knöchernen Prothesenintegration, dem Einheilen der Strut Grafts und den Parametern Schmerz und Funktion keine alters- oder geschlechtsspezifischen Einflüsse. Aufgrund dieser Ergebnisse scheint es keine Altersbegrenzung bezüglich des Benefits der Strut Graft Osteosynthese zu geben.

Die Ergebnisse der veröffentlichten klinischen Studien bezüglich Stabilisierung und Augmentation periprotehtischer Femurfrakturen und -defekte durch Strut Grafts können durch die hier vorgelegte Studie bestätigt und im detaillierten Gruppenvergleich ergänzt werden.

4.2.2 *Strut Grafts in Inlay-Technik*

In der vorliegenden Studie wurde neben der Onlay-Technik auch die Strut Graft Osteosynthese in Inlay-Technik bei Defekttyp 4 nach Paprosky mit überdimensioniertem Femurquerschnitt vorgestellt. Es konnte gezeigt werden, dass die Oberfläche des Prothesenschaftes auch in direktem Kontakt zu avitalem Knochen auf großer Fläche im zeitlichen Verlauf über biologische Prozesse zu stabiler Prothesenintegration führen kann. Der Anteil von sicher knöchern integrierten Prothesenschäften lag hier jedoch nur bei 40 %. Wegen der sehr kleinen Fallzahl von n = fünf ist eine Bewertung dieses Verfahrens noch nicht möglich. Weitere Studien könnten für mehr Sicherheit sorgen.

Das gängigste Verfahren zum Auffüllen ausgedehnter Femurdefekte bei überdimensioniertem Femurquerschnitt war bis dato die hoch verdichtende allogene Spongiosaplastik oder „Impaction Grafting“-Technik. Im Vergleich zu strukturellen Knochentransplantationen führt die Spongiosaplastik initial zu Stabilitätsverlust durch Mikrobewegungen und in der Folge zur Auslockerung des Implantats oder zur Insuffizienzfraktur (Höstner, 2001). Vor allem im Bereich des Trochanter Major ist die Primärstabilität am geringsten (Frei, 2004). Zementierte Implantate weisen eine höhere Lockerungsrate auf als zementfrei implantierte Prothesenschäfte (Frei, 2005). Zudem kann diese Methode nur bei weitgehend intakter Kortikalis angewandt werden, da sonst ein Austreten der Spongiosa droht. Im Gegensatz dazu ist die mit der vorliegenden Arbeit vorgestellte Strut Graft Osteosynthese in Inlay-Technik gerade bei gestörtem kortikalem Implantatlager indiziert.

Studien großer Fallzahl mit Impaction Grafting liegen von Boldt et al. (Boldt, 2001) und Halliday et al. (Halliday, 2003) vor. Boldt berichtet über eine Fallzahl von 79 Patienten mit einem mittleren Follow up von vier Jahren. Nur 61 % der Prothesenschäfte integrierten knöchern stabil. In allen Fällen sahen die Autoren ein Einsinken des Schaftes, der allerdings nicht immer zur Revision führte. Halliday et al. behandelten 207 Patienten durch verdichtende Spongiosaplastik intramedullär bei mittelgradigen Knochensubstanzdefekten. 173 Patienten konnten mit einem mittleren Follow up von zehn Jahren nachuntersucht werden. 8 % der Patienten wiesen eine aseptische Lockerung des Prothesenschaftes auf, 5,7 % eine periprotehetische Fraktur.

Ausgedehnte Knochendefekte wurden von van Biezen in 21 Fällen behandelt (van Biezen, 2000). Das mittlere Follow up lag bei 60 Monaten, es traten zwei periprotehetische Frakturen auf, vier eingesunkene Prothesenschäfte und eine Lockerung. Mit zunehmender Defektgröße verschlechterten sich die Ergebnisse dieser Operationstechnik durch Mikrobewegung und fehlende Primärstabilität (Nelissen, 2002).

Zahlreiche kleinere Studien der letzten Jahre wiesen Lockerungsraten von 5,9 - 21,2 % und Frakturaten von 9,3 - 15,4 % postoperativ auf (Gore, 2002; Mahoney, 2005; van Kleunen, 2006; Krupp, 2006; Schreuers, 2006 & Yim, 2007).

Zusammenfassend liegt das Problem dieser Operationstechnik in der fehlenden Primärstabilität und dem Risiko einer Insuffizienzfraktur. Bei ausgedehnten Knochendefekten mit Perforation der kortikalen Wand ist diese Methode nicht erfolgreich.

4.3 Studiendiskussion alternativer Operationstechniken

Zum Thema der konventionellen Plattenosteosynthese verglichen Aigner et al. 2002 retrospektiv zwölf Plattenosteosynthesen mit sieben Strut Graft Osteosynthesen bei periprotehetischer proximaler Femurfraktur (Aigner, 2002). Die Plattenosteosynthese erreichte eine Heilungsrate von 66,6 %, bei sechs Patienten wurden insgesamt neun Folgeoperationen notwendig. Auffällig war eine hochgradige Knochenatrophie im Plattenlager nach Materialentfernung. Die Strut Graft Osteosynthese hatte eine Heilungsrate von 100 % aufzuweisen, in einem Fall kam es zum Einsinken des Prothesenschaftes mit jedoch fibrös stabiler Situation. Alle Strut Grafts inkorporierten, Knochenatrophien wurden nicht gesehen. Folgeoperationen wurden in dieser Gruppe nicht notwendig.

Neben der konventionellen Plattenosteosynthese kommen noch weitere alternative Operationsverfahren zur Strut Graft Osteosynthese zur Anwendung. Die aktuelle Studienlage der alternativen Verfahren wird im Folgenden dargestellt.

Im Laufe der Jahre hat sich aufgrund der hohen Komplikationsrate der konservativen Behandlung die operative Therapie der proximalen, periprothetischen Femurfrakturen und -defekte durchgesetzt.

Die jüngste Studie bezüglich einer konservativen Therapie mittels Traktion und Immobilisation geht auf Adolphson zurück (Adolphson, 1987). Er behandelte 21 Patienten mit periprothetischen, proximalen Femurfrakturen konservativ. 67 % heilten auf diese Weise aus, jedoch lag die Rate der allgemeinen Komplikationen vergleichbar hoch. Lediglich eine einzelne Fallbeschreibung wurde noch 1989 veröffentlicht (Dysart, 1989). Er behandelte einen 53jährigen Patienten mit einer traumatischen, nicht dislozierten Fraktur Typ II nach Johannsson (Johannsson, 1981) ohne Knochensubstanzdefekte konservativ mittels Hüft Brace. Die Fraktur war nach vier Monaten verheilt, der Patient erreichte 87 Punkte im Harris Hip Score.

Trotz einzelner Fälle mit gutem Ergebnis bei konservativer Therapie wird aufgrund der hohen Rate allgemeiner Komplikationen mehrheitlich die operative Therapie empfohlen. Neben der konventionellen Plattenosteosynthese kommen Cerclagen, Schrauben, Sonderimplantate oder neuerdings winkelstabile Implantate mit Wirkprinzip eines Fixateur intern zur Anwendung.

Wegen der häufig kleinen Fallzahlen der Studien wurden in der Regel innerhalb einer Studie verschiedene alternative Operationstechniken zusammen vorgestellt, so dass eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse nur selten gegeben ist. Bei gemischten Gruppen innerhalb einer Studie wurde daher versucht, neben den absoluten Ergebnissen auch die Häufigkeit der verschiedenen Operationstechniken transparent zu machen. Auch waren die Defekt- oder Frakturtypen in der Regel nicht geordnet, sondern wurden in gemischten Gruppen betrachtet und bewertet, so dass keine Unterschiede zwischen traumatischen oder pathologischen Frakturen gemacht und Substanzdefekte neben Frakturen gleichwertig behandelt und ausgewertet wurden. Es wurde daher auf eine statistische Analyse der verschiedenen Behandlungsstrategien im Vergleich zur Strut Graft Osteosynthese verzichtet.

Längs der Zeitachse haben sich einige Klassifikationen mehrheitlich durchgesetzt, wie zum Beispiel die Vancouver Klassifikation bezüglich der periprothetischen Frakturen. Insbesondere in älteren Veröffentlichungen werden jedoch zahlreiche unterschiedliche Klassifikationen benutzt.

Einen Studienüberblick bis zum Jahre 1991 mit Durchführung einer statistischen Analyse aller eingeschlossenen Studien zur Versorgung periprothetischer proximaler Femurfrakturen veröffentlichten Mont und Maar (Mont, 1994). Neben Studien großer Fallzahlen wie zum Beispiel von Jensen et al. (Jensen, 1988) mit $N = 139$ oder Cooke and Newman (Cook, 1988) mit $N = 75$, werden auch Einzelfallbeschreibungen oder sehr kleine Studien wie zum Beispiel von Charnley (Charnley, 1966) oder Olerud (Olerud, 1979) berücksichtigt. Ausgeschlossen wurden experimentelle Einzelfälle. Insgesamt kamen Mont und Maar auf eine Fallzahl von 487 bei 26 eingeschlossenen Studien. Um eine Vergleichbarkeit der Frakturtypen herzustellen, entwickelte die Arbeitsgruppe eine neue Klassifikation um alle bis dato verwandten Klassifikationen zu subsummieren.

Die intertrochantären Typ Eins Frakturen ($n = \text{zehn}$) hatten alle gute Ergebnisse bei konservativem Vorgehen aufzuweisen. Typ Zwei Frakturen des proximalen Femurs ($n = 125$) ergaben 100 % gute Ergebnisse nach Versorgung mit Cerclagen, 80 % mit Wechsel des Prothesenschaftes in einen Revisionsschaft, 57 % bei konservativer Therapie und 46 % bei konventioneller Plattenosteosynthese. Die Ergebnisse anderer Techniken lagen jeweils unter 50 %. Frakturen auf Höhe der Prothesenspitze, benannt als Typ Drei ($n = 142$), hatten nach Cerclagenanlage 100 % gute Ergebnisse, nach Versorgung durch eine Revisionsprothese 81 % und nach Plattenosteosynthese 55 % gute Ergebnisse, alle weiteren Verfahren lagen unter 50 %. Typ Vier vereinte die Frakturen unmittelbar distal der Prothesenspitze ($n = 202$), die Versorgung mittels Revisionsschaft erreichte 74 % gute Ergebnisse, die Nutzung von Cerclagen 58 % und die Plattenosteosynthese nur noch 49 %.

Die genannte Metaanalyse zeigt die zunehmende Schwierigkeit der Frakturversorgung bei distal gelegenen Frakturen im Bereich der Prothesenspitze und das Versagen alternativer Operationstechniken an dieser Stelle.

Aktuellere Studien wurden unter Verwendung der konventionellen Plattenosteosynthese, Cerclagen oder Prothesenschaftwechsel bei gelockertem Implantat von Beals (Beals, 1996), Balz et al. (Balz, 2000) und Spitaler et al. (Spitaler, 2003) veröffentlicht. Beals und Tower operierten 93 Patienten mit periprotektischer Femurfraktur. Bei fehlender Frakturheilung in neun Fällen mit nachfolgender operativer Revision wurden insgesamt 102 Fälle ausgewertet. 49 % der Patienten erhielten einen isolierten Prothesenschaftwechsel, 23 % wurden mittels konventioneller Plattenosteosynthese und/oder Schrauben und 28 % konservativ versorgt. Die konservativ behandelten Patienten zeigten in 45 % eine Mal Union und in 11 % eine Non Union der Fraktur. 15 % der mittels Plattenosteosynthese behandelten Frakturen wiesen eine Refraktur auf, Plattenbrüche traten zudem in zwei Fällen auf. Patienten mit zementiertem Prothesenschaftwechsel zeigten in 31 % der Fälle eine Non Union und in 15 % eine Refraktur. Die besten Ergebnisse fanden sich bei Patienten mit zementfreiem Schaftwechsel mit einer Non Union Rate von 7 % und einer Refrakturnrate von 7 %. Beals und Tower fassten ihre Studie wie folgt zusammen: 32 % sehr gute, 16 % gute und 52 % schlechte Ergebnisse.

Balz et al. behandelten 25 periprotektische Femurfrakturen, das Durchschnittsalter lag bei 78 Jahren. 8 % verstarben unmittelbar postoperativ, es traten drei Pseudarthrosen (12 %) und zwei Platten- und Schraubenbrüche auf (8 %).

Spitaler et al. (Spitaler, 2003) versorgten von 1998 bis 2001 43 Patienten mit periprotektischer Femurfraktur. 32 Patienten erlitten dabei eine Fraktur bei liegender Hüft-TEP. Von diesen 32 Patienten wurden zwei konservativ und 30 mittels konventioneller Plattenosteosynthese und/oder Cerclagen operativ behandelt. In vier Fällen kam es zum Versagen der Osteosynthese mit notwendiger Revision.

Bessere Ergebnisse konnte Siegmeth (Siegmeth, 1998) verzeichnen. Er behandelte 54 Patienten mit periprotektischer Femurfraktur in 42 Fällen mit einer konventionellen Plattenosteosynthese, in acht Fällen mit einem Prothesenschaftwechsel, in zwei Fällen mit einem retrograden Nagel und in zwei Fällen konservativ. Von 54 Femurfrakturen heilten 50 Frakturen aus, das entspricht einer Heilungsrate von 92,6 %. Drei Patienten wiesen einen Plattenbruch auf und ein Patient eine Refraktur.

Hopf verglich 13 Patienten mit intramedullärer gegen 37 Patienten mit extramedullärer Stabilisierung durch Nägel, beziehungsweise Platten bei Femurfrakturen und liegender

Hüft- oder Knie-TEP (Hopf, 1996). Aufgrund der schnelleren Belastbarkeit bevorzugt Hopf die intramedulläre Stabilisierung beim älteren Menschen, gibt aber die hohe Rate an Reoperationen und Refrakturen zu bedenken.

Wagner (Wagner, 2003) behandelte 24 Patienten mit Prothesenschaftwechsel auf einen zementfrei implantierten überlangen Revisionsschaft. Bei sieben Patienten lag eine Fraktur Typ B1, bei 17 Patienten eine Fraktur Typ B3 nach der Vancouverklassifikation vor. Wagner wechselte also auch stabile Prothesenschäfte aus, um die Fraktur intramedullär durch den Revisionsschaft zu stabilisieren. Es resultierten lediglich zwei Pseudarthrosen, die Heilungsrate lag somit bei 91,7 %.

Tsiridis (Tsiridis, 2005) nutzte zur Versorgung seiner 18 Patienten mit periprotehtischer Femurfraktur die Dynamic Compression Plate (DCP) und erzielte mit dieser Methode eine Heilungsrate von 77,8 %. In vier Fällen versagte die Osteosynthese, es resultierten zwei Plattenbrüche und zwei Pseudarthrosen.

Zur Verwendung von Sonderimplantaten in der Versorgung der periprotehtischen Femurfrakturen finden sich in der Literatur Veröffentlichungen von Milenkovic (Milenkovic, 2004) und Eingartner (Eingartner, 2006). Milenkovic berichtet über 14 Patienten mit periprotehtischer Femurfraktur. Nach der Vancouver Klassifikation fanden sich drei Typ A, neun Typ B und zwei Typ C Frakturen. Er behandelte alle Patienten mit einem dynamischen Fixateur intern und erreichte nach einem Follow up von 12 Monaten eine Frakturheilungsrate von 100 %.

Eingartner et al. benutzten zur operativen Behandlung von 21 Patienten mit periprotehtischer Femurfraktur einen Revisionsschaft mit distaler Verriegelung. Es lagen nach der Vancouver Klassifikation acht Typ B und 13 Typ C Frakturen vor. Alle Frakturen waren nach einem Follow up von 5,6 Monaten geheilt, der Mittelwert im Harris Hip Score lag nach weiterem Follow up von 4,5 Jahren bei 70,5 Punkten. Er musste jedoch unmittelbar postoperativ vier Revisionen bei gesintertem Schaft und zwei Revisionen bei sturzbedingter Refraktur durchführen.

Diese sehr guten Ergebnisse in der Frakturheilung durch Sonderimplantate müssen sicherlich durch weitere Studien überprüft und aufgearbeitet werden.

Neuere Verfahren durch winkelstabile Systeme wurden von Juergens et al. (Juergens, 1999) und Raschke et al. (Raschke, 2001) vorgestellt. Beide Autoren verwendeten winkelstabile Implantate mit variabler Schraubenplatzierung auch unicortical im Sinne eines Fixateur intern und der Möglichkeit einer minimal invasiven Operationstechnik. Die Fallzahlen waren jedoch in beiden Veröffentlichungen sehr klein und leider nicht weiter ausgewertet.

Die bis dato einzige Veröffentlichung einer klinischen Studie unter Verwendung von winkelstabilen Implantaten geht auf Faschingbauer zurück (Faschingbauer, 2005). Faschingbauer et al. behandelten 32 Patienten mit einer periprothetischen Fraktur vom Typ Vancouver B1 mittels winkelstabilen Plattensystems. Die Erfolgsrate lag bei 93,7 %. In zwei Fällen kam es zu einem revisionspflichtigen Ausriss der proximalen Schrauben. Die Rate der allgemeinen Komplikationen lag bei 15,6 %.

Zusammenfassend führten konventionelle Osteosynthesen bei Mehrfragmentfrakturen und Frakturen im Bereich der Prothesenspitze zu mittelmäßigen Ergebnissen. Die häufigsten Komplikationen traten durch Materialbrüche, Refrakturen und Pseudarthrosen auf.

4.4 Beantwortung der Fragen und Hypothese

Die eingangs gestellten Fragen werden nun, basierend auf den vorliegenden Ergebnissen dieser Arbeit, beantwortet.

1. Die Verwendung der Strut Graft Osteosynthese führte bei periprothetischen Frakturen in 97,3 % der Fälle zu Frakturheilung und Prothesenintegration.
2. Ein ergänzender Prothesenschaftwechsel im Vergleich zum Belassen eines festen Implantates zeigte keine statistisch signifikanten Vorteile für die Frakturheilung und Prothesenintegration bei angelegtem Strut Graft.
3. Periprothetische Femurdefekte konnten durch Strut Grafts in allen Fällen erfolgreich augmentiert werden und führten in allen Fällen zu stabiler Prothesenintegration.
4. Durch die Strut Graft Osteosynthese konnte eine signifikante Verminderung von Schmerz und Verbesserung von Funktion zu präoperativ erreicht werden.
5. Es fanden sich bei den Ergebnissen mit Strut Graft Osteosynthesen weder alters- noch geschlechtsspezifische Unterschiede.
6. Inlay-Strut Grafts erreichten eine suffiziente Querschnittsverkleinerung des Femur mit jedoch überwiegend nur fibrös stabiler Prothesenintegration.
7. Strut Grafts heilten in 98,6 % der Fälle stabil ein und verhielten sich auch in der Langzeitbeobachtung supportiv. Die Resorptionsrate lag bei 9,9 %, die nicht resorbierten Strut Grafts passten sich im Langzeitverlauf den körpereigenen Umbauvorgängen des Knochens an.

Aufgrund der vorgestellten Ergebnisse und des relativ großen Gesamtkollektivs konnte die eingangs gestellte Arbeitshypothese, dass Strut Grafts eine dauerhafte Augmentation und Stabilisierung des insuffizienten femoralen Prothesenlagers leisten können, deutlich bestätigt werden.

4.5 Schlussfolgerung und Ausblick

Die Strut Graft Osteosynthese ist eine biologische Osteosynthese mit dauerhafter Augmentation und Stabilisierung von periprotetischen proximalen und diaphysären Femurdefekten und -frakturen durch Inkorporation der Grafts in die körpereigene Kortikalis. Eine Materialentfernung ist nicht erforderlich. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit konnten zeigen, dass eine gute und dauerhafte Implantatstabilität im rekonstruierten knöchernen Lager, sowie eine hohe Patientenzufriedenheit mit signifikanter Verbesserung im Harris Hip Score von prä- zu postoperativ resultierte. Die Strut Graft Osteosynthese ist übungsstabil, so dass eine rasche Mobilisierung und frühfunktionelle Weiterbehandlung der Patienten möglich ist. Dabei zeigte sich eine geringe Rate an allgemeinen postoperativen Komplikationen. Kombinationen mit anderen Osteosyntheseverfahren sind möglich. Auch nach beherrschtem periprotetischem Infekt kann die Strut Graft Osteosynthese angewandt werden.

Nachteile liegen in der Notwendigkeit einer Knochenbank vor Ort, sowie speziellem Instrumentarium wie zum Beispiel der hochtourigen Fräse. Die technische Anforderung an den Operateur ist hoch und eine weite Exploration des Situs erforderlich.

Durch den Einkauf eines Allografts liegen die Kosten höher als bei konventionellen Osteosyntheseverfahren. Aufgrund der deutlich besseren Heilungsraten fallen im Vergleich zu alternativen Osteosyntheseverfahren jedoch in der Regel keine weiteren Folgekosten an. Im Vergleich zu konventionellen Osteosynthesen erreichte die Strut Graft Osteosynthese sowohl im Literaturüberblick als auch bei Betrachtung der hier vorgelegten Ergebnisse deutlich bessere Heilungsraten und eine größere Patientenzufriedenheit. Insbesondere Frakturen auf Höhe und distal der Prothesenspitze mit fest sitzendem Prothesenschaft zeigten im Literaturüberblick durchweg unbefriedigende Ergebnisse bei der Verwendung konventioneller Osteosynthesen. Die häufigsten Gründe für das Versagen alternativer Osteosynthesen waren Materialbrüche, die in Pseudarthrosen und Refrakturen mündeten. Die hohe Steifigkeit der Materialien mit großer Lastübertragung auf Platten und Schrauben zeigt die Grenzen der extramedullären Stabilisierung durch nicht biologische Osteosynthesen auf.

Bessere Ergebnisse konnten im Literaturüberblick erzielt werden durch eine intramedulläre Stabilisierung mit Austausch des Prothesenschaftes, der jedoch bei fest sitzendem Implantat eigentlich nicht indiziert ist. Sonderimplantate wiesen in der Literatur gute Ergebnisse vor, jedoch nur in kleinen Fallzahlen einzelner, experimenteller Studien.

Inwieweit sich winkelstabile Systeme etablieren bleibt abzuwarten. Hierzu finden sich derzeit kaum Studien in der Literatur. Die theoretische Überlegung einer in minimal invasiver Operationstechnik durchgeschobenen Platte mit geringer Kontaktfläche zur körpereigenen Kortikalis und der Möglichkeit einer multidirektionalen und unicorticalen Schraubenplatzierung im Sinne des Fixateur intern Prinzip erscheint in der Theorie überzeugend. Durch den Kraftschluss zwischen Platte und Schraube kann die Last gleichmäßig und flächenhaft verteilt werden. Ob sich diese Theorie in klinischen Studien beweisen wird, bleibt abzuwarten.

Die in dieser Studie vorgestellte Strut Graft Osteosynthese in Inlay-Technik zur Querschnittsverkleinerung des Femurschaftes konnte bei nur sehr kleiner Fallzahl zwar gute, aber keine aussagekräftigen Ergebnisse liefern. Auch hier sind weitere Studien wünschenswert.

Neben der Entwicklung neuer Techniken und Verfahren sollte jedoch der Stellenwert der Prophylaxe nicht vergessen werden. Die regelmäßigen klinischen und radiologischen Kontrollen zur frühzeitigen Erkennung von Problemen im periprothetischen Lager haben zur Vermeidung ausgedehnter periprothetischer Knochendefekte und Insuffizienzfrakturen einen hohen Stellenwert.

5 Fallbeispiele

5.1 Frakturheilung

Die mögliche Frakturheilung über Strut Graft Anlagerung in Onlay Technik wird im folgenden Fallbeispiel exemplarisch dargestellt.

Der Proband erlitt im Alter von 64 Jahren eine traumatische periprothetische Fraktur vom Typ C nach der Vancouver Klassifikation. Das folgende Röntgenbild zeigt den präoperativen Befund.



Abb. 39: Präoperatives Röntgenbild der periprothetischen Fraktur, Typ C nach der Vancouver Klassifikation, der linken Hüfte mit stabil integriertem Prothesenschaft

Der Proband wurde in einer unfallchirurgischen Abteilung primär versorgt. Es erfolgte eine offene Frakturposition und Osteosynthese mittels konventioneller Platte. Am dritten postoperativen Tag zeigt sich die Fraktur achsgerecht reponiert mit korrekt liegendem Osteosynthesematerial.



Abb. 40: Röntgenbild am dritten postoperativen Tag nach konventioneller Plattenosteosynthese unter Belassen des Prothesenschaftes

Ohne erinnerliches Ereignis beklagte der Proband ca. sieben Monate postoperativ plötzlich stärkste Beschwerden. Die bei uns durchgeführte Röntgenaufnahme zeigte einen Bruch der Platte sowie eine hypertrophe Pseudarthrose mit Achsfehlstellung des Femurschaftes. Der Prothesenschaft zeigte sich weiterhin knöchern integriert.

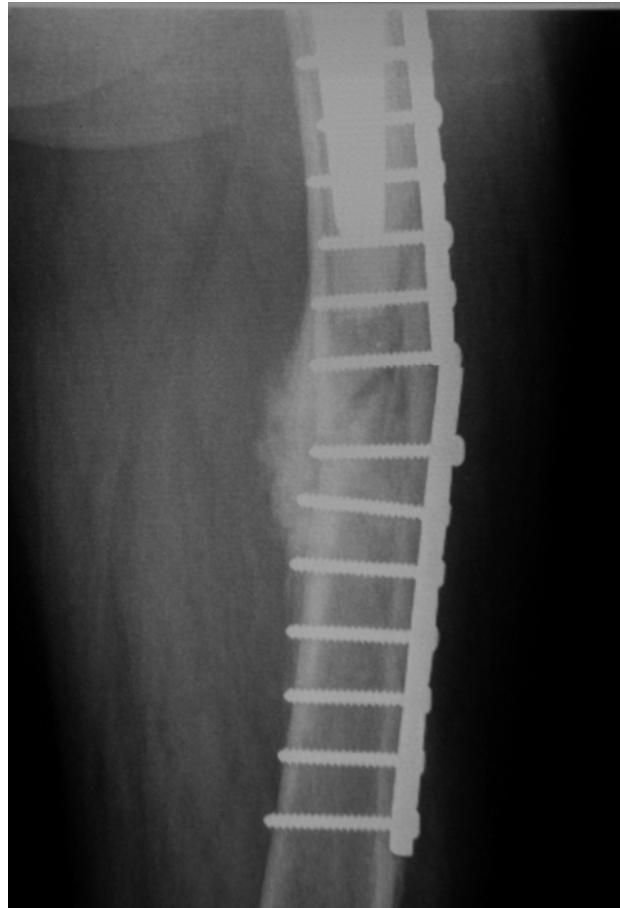


Abb. 41: Röntgenbild sieben Monate postoperativ mit Plattenbruch, hypertropher Pseudarthrose und resultierender Achsfehlstellung in Varus

Wir führten die operative Revision durch. Es erfolgte eine vollständige Materialentfernung, Frakturposition, Strut Graft Anlage medial, ergänzende Plattenosteosynthese lateral und autologe Spongiosaplastik im Frakturspalt. Fünf Wochen postoperativ zeigte sich folgender radiologischer Befund:



Abb. 42: Röntgenbild fünf Wochen nach operativer Revision mit Strut Graft Anlage medial und ergänzender Plattenosteosynthese lateral

Die Femurachse war wiederhergestellt, der Frakturspalt wurde unschärfer. Gut drei Jahre nach Revision war der Proband vollständig beschwerdefrei und mobilisiert ohne Einschränkungen. Radiologisch konnte eine vollständige Heilung der Fraktur beobachtet werden, das Strut Graft war im Stadium Complete Bridging, die Osteosynthese lag reizlos. Der Prothesenschaft zeigte sich weiterhin knöchern integriert. Das Röntgenbild wird im Folgenden abgebildet.



Abb. 43: Röntgenbild 3,2 Jahre postoperativ mit vollständig ausgeheilter Fraktur und Strut Graft im Stadium des Complete Bridging

5.2 Non Union

Zum vorliegenden Kollektiv gehört eine Probandin mit Bruch des Strut Graft und resultierender Non Union der Fraktur.

Die Probandin erlitt im Alter von 72 Jahren eine traumatische periprothetische Fraktur vom Typ Vancouver B1 nach Sturz. Das folgende Röntgenbild zeigt die Situation präoperativ.



Abb. 44: Präoperatives Röntgenbild mit periprothetischer Fraktur, Typ B1 nach der Vancouver Klassifikation

Wir führten eine offene Reposition mit Strut Graft Anlage antero-medial und antero-lateral durch. Die Strut Grafts wurden mittels Cerclagen fixiert, der Prothesenschaft belassen.

Die folgende Abbildung zeigt das Röntgenbild drei Monate postoperativ, die Fraktur war achsgerecht reponiert, die Strut Grafts lagen korrekt, sichere radiologische Zeichen einer Frakturheilung fehlten jedoch.

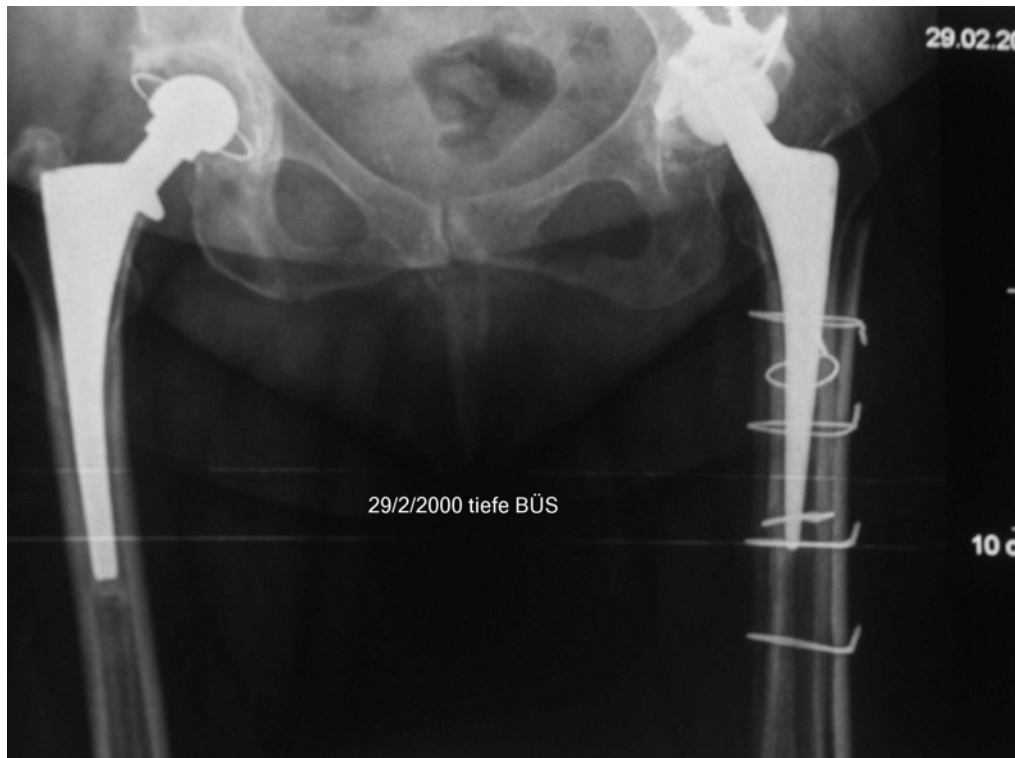


Abb. 45: Röntgenbild drei Monate postoperativ nach Strut Graft Osteosynthese medial und lateral

Zehn Monate postoperativ gab die Probandin plötzlich aufgetretene Schmerzen ohne erinnerliches Ereignis an. Das angefertigte Röntgenbild zeigt folgenden Befund.



Abb. 46: Röntgenbild zehn Monate postoperativ mit gebrochenem Strut Graft lateral, Non Union und Prothesenschaftlockerung bei Achsfehlstellung

Das laterale Strut Graft war gebrochen, die Fraktur nicht geheilt und das Implantat gelockert.

Wir führten unmittelbar eine Revision mit Entfernen des lateralen Strut Grafts, Prothesenschaftwechsel in einen zementfreien überlangen Revisionsschaft sowie neuerliche Strut Graft Anlage lateral mit ergänzender autologer Spongiosaplastik im Frakturspalt durch. Die nächsten Abbildungen zeigen das postoperative Ergebnis knapp vier Wochen nach der operativen Revision in zwei Ebenen.



Abb. 47



Abb. 47 und 48: Röntgenbild vier Wochen nach operativer Revision mit zementfreiem Revisionsschaft und Strut Graft Neuanlage lateral

Der Revisionsschaft überbrückte intramedullär die Fraktur, es zeigten sich Zeichen der Frakturheilung. Im weiteren Verlauf beklagte die Probandin keine neuerlichen Beschwerden. Sie konnte zeitgerecht mobilisiert werden, die Fraktur heilte vollständig aus.

5.3 Querschnittsverkleinerung

Die Strut Graft Osteosynthese in Inlay Technik mit dem Ziel der Querschnittsverkleinerung wird im folgenden Fallbeispiel exemplarisch dargestellt.

Der Proband wies im Alter von 59 Jahren eine septische Lockerung mit einem Defekttyp 4 nach Paprosky bei liegender Moore Prothese auf. Das folgende Röntgenbild zeigt den präoperativen Befund.



Abb. 49: Röntgenbild präoperativ mit Prothesenschaftlockerung bei ausgedehnten Osteolysen des periprothetischen Knochenlagers um den Zementköcher herum

Wir führten einen vollständigen Prothesenausbau mit Einbau eines Spacers zur Infektsanierung durch.



Abb. 50: Röntgenbild postoperativ nach TEP Ausbau und liegendem, nicht articulierendem Spacer; der Trochanter major ist mittels Zuggurtung refixiert

Nach Infektsanierung führten wir die operative Revision mit Ausbau des Spacers, Anlage eines medialen Strut Graft in Inlay Technik mit additiver autologer Spongiosaplastik und Implantation einer zementfreien TEP mit überlangem Revisionsschaft durch.

Der Proband war postoperativ subjektiv beschwerdefrei und ohne Einschränkung mobilisiert.

Elf Jahre nach der Revision zeigt sich der folgende radiologische Befund in zwei Ebenen:



Abb. 51



Abb. 52

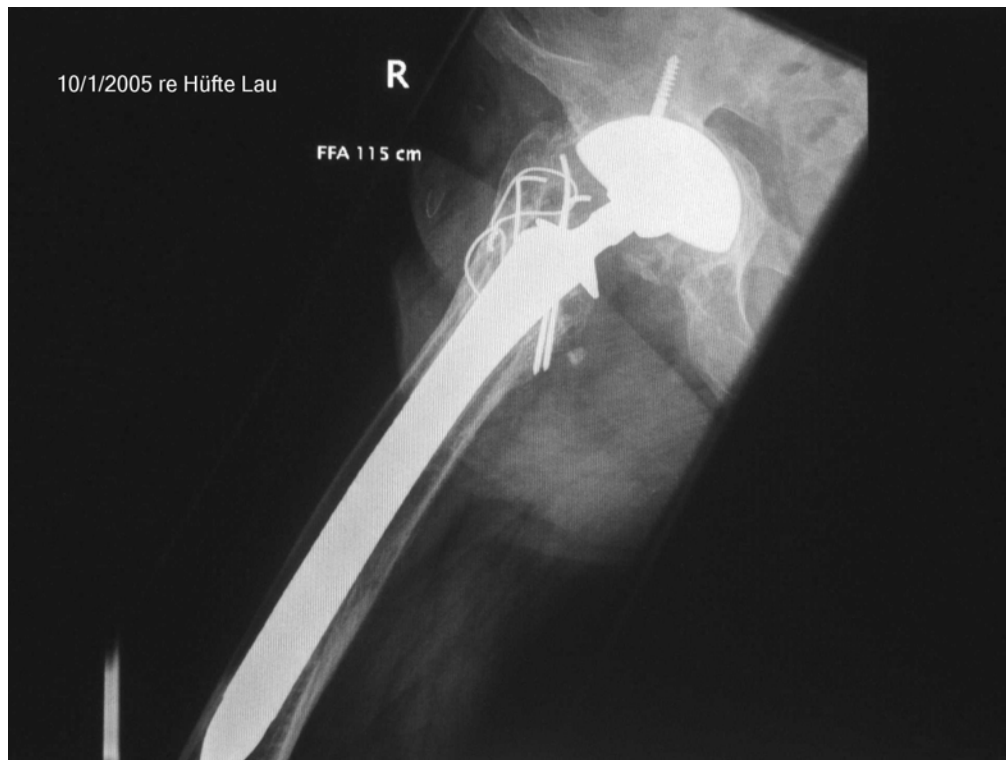


Abb. 53

Abb. 50 - 53: Röntgenbilder elf Jahre nach Revision mit knöchern integriertem zementfreiem Prothesenschaft. Die Strut Grafts sind radiologisch nicht mehr sichtbar im Stadium der Cancellization

Der Prothesenschaft war knöchern integriert, die Strut Grafts vollständig resorbiert ohne sichtbare Defektzonen. Der Proband war beschwerdefrei und mobil.

6 Zusammenfassung

Mittels Strut Graft Osteosynthesen wurden 71 Probanden (54 Frauen, 17 Männer) mit periprothetischen proximalen und diaphysären Femurdefekten und/oder -frakturen operativ behandelt, davon 65 Probanden in Onlay- und fünf in Inlay-Technik. Alle Probanden wurden prä- und postoperativ klinisch und radiologisch standardisiert untersucht und ihre Daten analysiert.

Das Durchschnittsalter betrug 67,5 Jahre (48 bis 88 Jahre), der mittlere Beobachtungszeitraum lag bei 3,7 Jahren (vier Monate bis elf Jahre). 33 Probanden wiesen periprothetische femorale Knochensubstanzdefekte mit Implantatlockerung auf, fünf Typ 2, 23 Typ 3 und fünf Typ 4 nach der Paprosky Defektklassifikation. 38 Probanden wiesen eine periprothetische Femurfraktur auf, 15 Typ B1, fünf Typ B2, elf Typ B3 und sieben Typ C nach der Vancouver Klassifikation.

Die Einheilungsrate der Strut Grafts lag im Gesamtkollektiv bei 98,6 %, die Resorptionsrate bei 9,9 %. Alle Probanden zeigten postoperativ eine stabile Integration des Prothesenschaftes, 55 Prothesenschäfte waren knöchern integriert und 16 fibrös stabil ohne Beschwerdesymptomatik der Probanden. Der Mittelwert im Harris Hip Score stieg von präoperativ 13,1 auf postoperativ 84,1 Punkte. Die Rate der allgemeinen postoperativen Komplikationen lag bei 12,6 %.

Alle Probanden mit Defekttyp Vier nach Paprosky wurden mittels Strut Grafts in Inlay-Technik zur Querschnittsverkleinerung des Femur behandelt. Von diesen zeigten zwei Probanden eine knöcherne und drei Probanden eine fibrös stabile Integration des Prothesenschaftes.

Die vorliegende Arbeit konnte zeigen, dass Strut Grafts eine dauerhafte Augmentation und Stabilisierung des insuffizienten femoralen Implantatlagers leisten können. Die Strut Graft Osteosynthese in Inlay-Technik bedarf noch weiterer Fallzahlen zur Überprüfung der Effektivität dieses Verfahrens.

7 Literaturverzeichnis

1. Adolphson, P, Jonsson, U, Kalen, R (1987): Fractures of the ipsilateral femur after total hip arthroplasty; Arch Orthop Trauma Surg, 106, 353-357
2. Aigner, C, Marschall, C, Reischl, N, Windhager, R (2002): Kortikale strut grafts, eine Alternative zur konventionellen Plattenosteosynthese bei periprothetischen Femurfrakturen; Z Orthop, 140, 328-333
3. Allan, DG, Lavoie, GJ, McDonald, S, Oakeshott, R, Gross, AE (1991): Proximal femoral allografts in revision hip arthroplasty; J Bone Joint Surg (Br), Vol 73-B, No 2 (March), 235-240
4. Arif, M, Sivananthan, S, Choon, DSK (2004): Revision of total hip arthroplasty using an anterior cortical window, extensive strut allografts and an impaction graft: follow up study; J Orthop Surg (Hong Kong) Vol 12 (1), 25-30
5. Balz, F, Nothwang, J, Ulrich, C (2000): Operative Therapie von periprothetischen Femurfrakturen; Osteosynthese international, 8, 243-251
6. Barden, B, Fitzek, JG, Huttegger, C, Löer, F (2001): Supportive Strut Grafts for diaphyseal bone defects in revision hip arthroplasty; Clin Orthop and Related Research, 387, 148-155
7. Beals, RK, Tower, SS (1996): Periprosthetic fractures of the femur. An analyses of 93 fractures; Clin Orthop, 327, 238-246
8. Berry, DJ (1999): Epidemiology: Hip and knee; Orthop Clin North Am; 30: 183-190
9. Van Biezen, FC, ten Have, BL, Verhaar, JA (2000): Impaction bone grafting of severely defective femora in revision total hip surgery: 21 hips followed for 41-85 months; Acta Orthopaedica Scandinavica, 71, Heft 2, 135-142

10. Böhler, M, Mochida, Y, Bauer, TW, Plenk, H Jr., Salzer, M (2000): Wear debris from two different alumina-on-alumina total hip arthroplasties; J Bone Joint Surg Br 82, 901-909

11. Boldt, JG, Dilawari, P, Agarwal, S, Drabu, KJ (2001): Revision total hip arthroplasty using impaction bone grafting with cemented nonpolished stems and charnley cups; J Arthroplasty, 16, Heft 8, 943-952

12. Bugbee, WD, Culpepper WJ 2nd, Engh, CA Jr, Engh, CA Sr. (1997): Longterm clinical consequences of stress shielding after total hip arthroplasty without cement; J Bone Joint Surg Am 79, 1007-1112

13. Bundesgeschäftsstelle für Qualitätssicherung: BQS-Bundesauswertung 2005 Hüft-Endoprothesen-Erstimplantation am 15.3.2006 veröffentlicht. Online-Publikation; www.bqs-outcome.de/2005/ergebnisse

14. Bundesgeschäftsstelle für Qualitätssicherung: BQS-Bundesauswertung 2002 und 2005 Hüftendoprothesenwechsel. Online-Publikation; www.bqs-outcome.de/2002/ergebnisse und www.bqs-outcome.de/2005/ergebnisse

15. Burke, DW, O'Connor, DO, Zalenski, EB, Jasty, M, Harris, WH (1991): Micromotion of cemented and uncemented femoral components; J Bone Joint Surg Br 73, 33-37

16. Chandler, HP, Penenberg, BL (1989): Femoral reconstruction. In Chandler, HP, Penenberg, BL (Eds.): Bone stock deficiency in total hip replacement: Classification and management; Thorofare, NJ, Slack 103-164

17. Chandler, HP, King, D, Limbird, R., Hedley, A, McCarthy, J, Penenberg, BL, Danylchuk, K (1993): The use of cortical allograft struts for fixation of fractures associated with well-fixed total joint prostheses; Seminars in Arthroplasty, Vol 4, No 2 (April), 99-107

18. Chandler, HP, Tigges, RG (1997): The role of allografts in the treatment of periprosthetic femoral fractures; J Bone Joint Surg, Vol. 79A, No 9, 1422-1432
19. Charnley, J (1966): The healing of human fractures in contact with self-curing acryl cement; Clin Orthop, 47, 157-163
20. Cooke, PH, Newmann, JH (1988): Fractures of the femur in relation to cemented hip protheses; J Bone Joint Surg 70B, 386-391
21. Della Valle, CJ, Paprosky, WG (2003): Classification and an algorithmic approach to the reconstruction of femoral deficiency in revision total hip arthroplasty; J Bone Joint Surg American Volume 85-A Suppl 4, 1-6
22. Deutsches Ärzteblatt 2001: Richtlinien zum Führen einer Knochenbank; 98, Heft 15, A, 1011-1016
23. Dränert, K, Dränert, Y (Hrsg.) (1992): Die Adaptation des Knochens an die Deformation durch Implantate. [Strain adaptive bone remodelling]. Forschung und Fortbildung in der Chirurgie des Bewegungsapparates. München: Art and Science, 9-13
24. Duncan, CP, Masri, BA (1995): Fractures of the femur after hip replacement; Instr Course Lect 44, 305-13
25. Dysart, SH, Savory, CG, Callaghan, JJ 1989: Nonoperative treatment of a postoperative fracture around an uncemented porous-coated femoral component; The Journal of Arthroplasty, Vol 4, No 2 (June), 187-190
26. Eingartner, C, Volkmann, R, Ochs, U, Egetemeyr, D, Weise, K 2006: Intramedulläre Stabilisierung periprotetischer Femurfrakturen unter besonderer Berücksichtigung des vorbestehenden Knochendefektes; Operative Orthopädie und Traumatologie, 18, Heft 4, 341-363

27. Emerson, RH, Malinin, TI, Cuellar, AD, Head, WC, Perters, PC (1992): Cortical Strut Allografts in the Reconstruction of the Femur in Revision Total Hip Arthroplasty: A basic science and clinical study; Clin Orthop and Related Research; Number 285, 35-44

28. Engh, C, Massin, P (1989): Cementless Hip Arthroplasty using the Anatomic Medullary Locking Stem; Clin Orthop and Related Research; Number 249, 141-158

29. Faschingbauer, M, Pinggen, O, Jürgens, C, Wolter, D (2005): Erfahrungen mit winkelstabilen Plattensystemen bei periprothetischen Frakturen; Trauma und Berufskrankheit, Band 7, Suppl 1, 33-38

30. Fitzek, JG, Barden, B (2005): Knochentransplantate: Klinische Anwendung. In: Thümler, P, Forst, R, Zeiler, G (Hrsg.): Modulare Revisionsendoprothetik des Hüftgelenkes; S. 212-222, Heidelberg: Springer Verlag

31. Frei, H, Mitchell, P, Masri, BA, Duncan, CP, Oxland, TR (2004): Allograft impaction and cement penetration after revision hip replacement. A histomorphometric analysis in the cadaver femur; J Bone Joint Surg, Band 86, Heft 5, 771-776

32. Frei, H, Mitchell, P, Masri, BA, Duncan, CP, Oxland, TR (2005): Mechanical characteristics of the bone-graft-cement interface after impaction allografting; J Orthopaed Research, 23, Heft 1, 9-17

33. Gore, DR (2002): Impaction bone grafting for total hip revision; International Orthopaedics, 26, Heft 3, 162-165

34. Gresham, RB (1964): The freeze-dried cortical bone Homograft: A roentgenographic and histologic Evaluation; Clin Orthop 37, 194-201

35. Grünert, A, Ritter, G (1973): Experimentelle Untersuchungen zum Problem der Verankerung von Hüftendoprothesen; Arch Orthop Unfallchirurgie, 77, 149-153

36. Haddad, FS, Duncan, CP, Berry, DJ, Lewallen, DG, Gross, AE, Chandler, HP: Periprosthetic femoral fractures around well-fixed implants (2002): Use of cortical onlay allografts with or without a plate; J Bone Joint Surg North Am, Vol 84A, 945-950

37. Halliday, BR, English, HW, Timperley, AJ, Gie, GA, Ling, RS (2003): Femoral impaction grafting with cement in revision total hip replacement. Evolution of the technique and results; J Bone Joint Surg British Vol, 85, Heft 6, 809-817

38. Harris,WH (1969):Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by nold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation; J Bone Joint Surg; 51(4), 737-755

39. Harris, WH, Mahomed, NN, Arndt, DC, McGrory, BJ (2001): The harris hip score, comparison of patient self-report with surgeon assessment; The Journal of Arthroplasty Vol 16, No. 5, 575-580

40. Head, WC, Malinin, TI, Mallory, TH, Emerson RH (1998): Onlay cortical allografting for the femur; Orthop Clin North Am, Vol 29, No 2 (April), 307-312

41. Head, WC, Malinin, TI (2000): Results of onlay allografts; Clin Orthop and related Research, No 371, 108-112

42. Höstner, J, Hultmark, P, Kärrholm, J, Malchau, H, Tveit, M (2001): Impaction technique and graft treatment in revisions of the femoral component: Laboratory studies and clinical validation; J Arthroplasty, 16, Heft 1, 76-82

43. Hopf, C, Hopf, T, Rompe, JD 1996: Behandlungskonzepte von Femurfrakturen nach totalendo-prothetischem Ersatz des Hüft- oder Kniegelenkes: intra- oder extramedulläre Stabilisierung? Der Unfallchirurg Band 99, Heft 1, 31-37

44. Horwitz, JB, Lenobel, MJ (1954): Artifical hip Prothesis in acute and non union fracture of the neck; JAMA, 155, 564-567

45. Jensen, JS, Barfod, G, Hansen, D (1988): Femoral shaft fracture after hip arthroplasty; Acta Orthop Scand 59 (1), 9-13
46. Kim, YH (2004): Cementless revision hip arthroplasty using strut allografts and primary cementless proximal porous-coated prosthesis; Journal of Arthroplasty, Vol 19, No 5, 573-581
47. Klatt, E, Roy, D (1983): Langenscheidts Taschenwörterbuch Englisch; Berlin und München: Langenscheidt; 542
48. Van Kleunen, JP, Anbari, KK, Vu, D, Garino, JP (2006): Impaction allografting for massive femoral defects in revision hip arthroplasty using collared textured stems; J Arthroplasty, 21, Heft 3, 362-371
49. Kreutz, FP, Hyatt, GW, Turner, T.C., Bassett, AL (1951): The preservation and clinical use of freeze-dried bone; J Bone Joint Surg. 33A: 863
50. Krupp, RJ, Malkani, AL, Crawford, CH, Capello, WN, Feinberg, JR, Baker, D (2006): Impaction grafting for femoral component revision using a non-polished bead-blasted chrome cobalt stem. average 8 ½-year follow up; J Arthroplasty, 21, Heft 8, 1180-1186
51. Lör, F, Zilkens, J, Michel, R, Freisem-Broda, G, Bigalke, KH (1983): Tissue burden with exogenous trace elements caused by roentgen contrast media in bone cements; Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete 121, 255-259
52. Lör, F, Zilkens, J, Michel, R, G, Bigalke, KH (1987): Interactions between roentgen contrast media of bone cements and endogenous tissues and body fluids; Akt Prob Chir Orthop 31, 177-180
53. Löwenhielm, G, Hansson, LI, Kärrholm, J (1989): Fracture of the lower extremity after total hip replacement; Arch Orthop Trauma Surg, 108: 141-143

54. Mahony, CR, Fehring, EV, Kopjar, B, Garvin, KL (2005): Femoral revision with impaction grafting and a collarless, polished, tapered stem; Clin Orthop Rel Research, 432, (March), 181-187
55. Malinin, T, Latta, LL, Wagner, JL, Brown, MD (1984): Healing of fractures with freeze-dried cortical bone plates. Comparison with compression plating; Clin Orthop 190, 281-286
56. Milenkovic, S, Stanojlovic, M, Mitkovic, M, Radencovic, M (2004): Dynamic internal fixation of the periprosthetic femoral fractures after total hip arthroplasty; Acta Chirurgica Jugoslavica, 51, Heft 3, 93-96
57. Mont, MA, Maar, DC (1994): Fractures of the ipsilateral femur after hip arthroplasty; J Arthroplasty, Vol 9, No 5, 511-519
58. Nelissen, RG, Valstar, ER, Pöll, RG, Garling, EH, Brand, R (2002): Factors associated with excessive migration in bone impaction hip revision surgery: A radiostereometric analysis study; J Arthroplasty, 17, Heft 7, 826-833
59. Olerud, S (1979): Reconstruction of a fractures Femur following total hip replacement: report of a case; J Bone Joint Surg 61A, 937-941
60. Otte, S, Fitzek, J, Wedemeyer, C, Löer, F, von Knoch, M, Saxler, G (2006): Reinforcement of deficient femur with inlay strut grafts in revision hip arthroplasty: a small series; Arch Orthop Trauma Surg, 126 (10), 649-653
61. Pak, JH, Paprosky, WG, Jablonsky, WS, Lawrence, JM (1993): Femoral strut allografts in cementless hip arthroplasty; Clin Orthop and Related Research, 295, 172-178
62. Paprosky, W, Lawrence, J, Cameron, H (1990): Femoral defect classification: Clinical application; Orthop Rev 19 Suppl. 9, 3-10
63. Plenk, H Jr. (1998): Prosthesis-bone interface; J Biomed Mater Res 43, 350-355

64. Reginster, J-Y, Paul, I (2002): Osteoporose: Definition, Klassifikation und Epidemiologie; Hedtmann, A, Götte, S (Hrsg.): Praktische Orthopädie Osteoporose; Darmstadt: Steinkopff; 1
65. Saxler, G, Vendel, M, Reiser, C, Ding, J, Barden, B, Frede, S, Löer, F, Fandrey, J (2003): Human cell models of osteolysis caused by orthopedic implant wear; 6th interdisciplinary Essen Symposium of the working group on "Biomaterials and tissue compability"
66. Saxler, G, Fitzek, JG, Sterner, T, von Knoch, M, Barden, B, Löer, F (2005): Die Revision von gelockerten Hüftendoprothesenpfannen mit ausgedehnten strukturellen Allografts; Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete, 143 (1), 56-63
67. Schreuers, BW, Arts, JJ, Verdonschot, N, Buma, P, Sloof, TJ, Gardeniers, JW (2006): Femoral component revision with use of impaction bone-grafting and a cemented polished stem. Surgical technique; J Bone Joint Surg American Vol, 88, Suppl 1, 259-274
68. Schwarz, B, Heisel, J (1998): Neue Ansätze im Behandlungskonzept peri- und subprothetischer Oberschenkelfrakturen bei liegender Endoprothese der Hüfte; Osteosynthese International Suppl 2 , 7, 52-54
69. Scott, RD, Turner, RH, Leitzes, SM (1975): Femoral fractures in conjunction with total hip replacement; J Bone Joint Surg (Am), 57A, 494-501
70. Siegmeth, A, Menth-Chiari, W, Wozasek, GE, Vecsei, V (1998): Die periprothetische Femurschaftfraktur - Indikationen und Ergebnisse bei 51 Patienten; Der Unfallchirurg, 101, Heft 12, 901-906
71. Spitaler, R, Reichetseder, J, Rappold, G, Leixnering, M, Hertz, H (2003): Periprothetische Femurfraktur bei ipsilateraler Hüft- bzw. Knieendoprothese: Das Akutversorgungskonzept-ein operativer Algorithmus; Akt Traumatol, 33, 272-280

72. Thornhill, TS (1998): Mechanisms of failures of total hip arthroplasty. Bono, JV, McCarthy, JC, Thornhill, TS, Bierbaum, BE, Turner, RH (Hrsg.): Revision of total hip arthroplasty; Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1f
73. Wagner, M (2003): Die Marknagelung der periprotetischen Femurfraktur mit der Femurrevisionsprothese; Akt Traumatol, 33, 281-283
74. Wang JT (1993): The role of particulate orthopaedic implant materials in peri-implant osteolysis. In: Biological, material, and mechanical considerations of joint replacement. Morrey BF (Hrsg.) New York: Raven Press, 122 f
75. Whittaker, RP, Sotos, LN, Ralston, EL (1974): Fractures of the femur about femoral endoprotheses; J Trauma, 14, 675-694
76. Wolff, J (Hrsg.) (1892): Das Gesetz der Transformation der Knochen; Berlin: Springer
77. Wong, P, Gross, AE (1999): The use of structural allografts for treating periprosthetic fractures about the hip and knee; Orthop Clin North Am Vol 30, No 2 (April), 259-264
78. Yim, S, Kim, M, Suh, Y (2007): Impaction allograft with cement for the revision of the femoral component. A minimum 39-month follow-up study with the use of the Exeter stem in Asian hips; International Orthopaedics, 31, Heft 3, 297-302

Alle in der vorliegenden Arbeit verwendeten Photos und Graphiken ohne Quellenangabe stammen von der Autorin.

8 Anhang

Harris Hip Score als Selbstfragebogen

Gruppe/Studiennummer:

Name:

Datum prä Op:

post Op:

	prä	post
I. Schmerzen (Max 44 Punkte)		
a. Keine Schmerzen	44	44
b. Schwache, gelegentlich auftretende Schmerzen	40	40
c. Leichte Schmerzen ohne Einfluss auf übliche körperliche Aktivitäten	30	30
d. Mäßige Schmerzen, tolerabel mit Einschränkung von üblichen körperlichen Aktivitäten oder Arbeit	20	20
e. Starke Schmerzen mit deutlicher Einschränkung der Aktivitäten	10	10
f. Schmerzen auch im Ruhezustand	0	0
II Funktion (Max 46 Punkte)		
A: Aktivitäten aus dem täglichen Leben		
1. Treppen steigen		
a. Ohne Geländerbenutzung	4	4
b. Mit Geländerbenutzung	2	2
c. Irgendwie	1	1
d. Treppen steigen ist unmöglich	0	0
2. Sitzen auf dem Stuhl		
a. Bequem	5	5
b. Auf erhöhtem Stuhl für eine halbe Stunde	3	3
c. Sitzen auf dem Stuhl unmöglich	0	0

3. Schuhe und Socken anziehen

a. Mühelos	4	4
b. Mit Schwierigkeiten	2	2
c. Schuhe und Socken anziehen unmöglich	0	0

B: Gehfähigkeit

1. Hinken

a. Kein Hinken	11	11
b. Leichtes Hinken	8	8
c. Mäßiges Hinken	5	5
d. Starkes Hinken	0	0

2. Benutzung von Gehhilfen

a. Keine Hilfsmittel	11	11
b. Einen Stock nur bei langem Gehen	7	7
c. Fast immer einen Stock	5	5
d. Eine Krücke	3	3
e. Zwei Stöcke	2	2
f. Zwei Krücken	0	0
g. Gehunfähig	0	0

3. Gehleistung

a. Uneingeschränkt	11	11
b. 30-60 min	8	8
c. Bis 15 min	5	5
d. Nur im Haus	2	2
e. Gehunfähig	0	0

Gesamtpunktzahl

Abkürzungsverzeichnis

Abb.: Abbildung

Bzw.: Beziehungsweise

Ca.: Circa

Cm.: Zentimeter

Et al.: Et alia

Kg: Kilogramm

Li: Links

Max: Maximum

Min: Minimum

Re: Rechts

TEP: Totalendoprothese

Vgl: Vergleiche

Danksagung

Herzlich danke ich meinem Doktorvater Herrn Priv.-Doz. Dr. Guido Saxler für die immer freundliche und konstruktive Anleitung und Motivation bei der Entstehung dieser Arbeit, sowie der Überlassung der Patientendaten aus der orthopädischen Abteilung der Universitätsklinik Duisburg-Essen. Des Weiteren danke ich Frau Dr. Stephanie Otte für die gute und nette Zusammenarbeit bei der Datenerhebung.

Meiner Mutter, Frau Iris Bode, danke ich für die unschätzbare Hilfe bei der statistischen Auswertung der Daten und die kreativen Anregungen zu jedem Zeitpunkt. Die abschließende Überarbeitung und Korrektur wurde erst durch die tatkräftige Unterstützung von Frau Anja Engel (Inhalt), Frau Kerstin Schlick (Rechtschreibung) und Herrn Olaf Maier (Layout) vollständig. Habt vielen Dank dafür.

Allen Probanden danke ich für ihre Unterstützung und ihr Vertrauen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Josef Fitzek, meinem geschätzten orthopädischen Lehrer und Mentor, für die Anregung und Überlassung des Themas und der Patientendaten aus der orthopädischen Abteilung der Kreiskrankenhaus Mechernich GmbH.

Ohne ihn würde es diese Arbeit und Vieles mehr nicht geben.

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name:	Christina Patricia Bode
Wohnort:	Köln
Geburtsdatum und -ort:	6.9.1969 in Lauf an der Pegnitz
Familienstand:	ledig
Staatsangehörigkeit:	deutsch

Schulbildung:

1975 - 1979	Grundschule in Bielefeld
1979 - 1988	Ratsgymnasium Bielefeld
22.6.1988	Allgemeine Hochschulreife

Beruflicher Werdegang:

1988 - 1990	Freiwilliges soziales Jahr, von Bodelschwingh'sche Anstalten Bethel in Bielefeld mit Weiterbeschäftigung als Helferin
1990 - 1998	Studium der Medizin an der Universität zu Köln
1993 - 1997	Sportstudium an der Deutschen Sporthochschule Köln
7/1996	Vordiplomprüfungen Sport
1997 - 1998	Praktisches Jahr, Marien-KH Bergisch Gladbach und Chris Hani Baragwanath Hospital in Soweto, Südafrika
12.5.1998	Ärztliche Prüfung und Approbation
1998 - 2005	Facharztausbildung Orthopädie im KKH Mechernich und Marienhospital Euskirchen
27.1.2005	Anerkennung als Fachärztin für Orthopädie
2005 - 2006	FÄ für Orthopädie, KKH Mechernich
Seit 2006	Facharztausbildung Orthopädie und Unfallchirurgie, unfallchirurgische Abteilung, Maria Hilf KH Mönchengladbach
21.2.2008	Anerkennung als Fachärztin für Orthopädie und Unfallchirurgie

Persönliche Interessen:

Jogging, Segeln, Tauchen und Individualreisen